

## 明 細 書

## 画像表示装置

## 技術分野

本発明は眼球に近接させて使用する画像表示装置に関するものである。

## 5 背景技術

画像表示装置には、テレビ、パソコン、プロジェクター、ビデオカメラ、携帯電話等多くの種類が存在するが、これら従来の画像表示のディスプレイは大きさに制限があり、実際に人の眼で見るような広域の画像をディスプレイから得ることはできなかった。

- 10 一方、人が持ち運び可能なディスプレイとしては、ウェアラブルディスプレイと呼ばれる眼鏡型ディスプレイや頭部支持型ディスプレイが知られている。ウェアラブルディスプレイとしては、図28(a)に示すような視界の一部に小さいハーフミラー40を配置し、プラズマディスプレイや液晶等の画像出力素子39から出力された画像を、投影光学系
- 15 38を介して前記ハーフミラー40により偏向し、眼球の網膜に投影する方法が知られている。この方法はハーフミラーを用いているので、視界の一部に画像出力素子39から出力された画像が浮かんで見えるような方式(第1タイプ)である。しかし、視界角度としては数°程度しか得られない。このタイプのウェアラブルディスプレイの用途としては、
- 20 携帯電話の画面情報の提示等が考えられている。

一方、もう少し大きい画像情報を得る手法としては、図28(b)に示すようなものがある。これは、眼球の手前に大きな光学素子41を配置し、複数の反射面及び投影光学系42を介して、画像出力素子39か

ら出力された画像を眼球の網膜に投影するものである。このようなタイプでは、比較的大きな視界角度（ $15 \sim 22.5^\circ$  程度）が得られるが、視界を完全に遮るタイプのものしか提案されていない。従って、使用方法として、片方の眼の前に脱着可能なように設置し、ウェアラブルパソコンとしてのディスプレイに用いる方式のもの（第2タイプ）か、両眼に独立に同画像表示装置を設置して、テレビやプロジェクターの代わりとして使用する方式のもの（第3タイプ）が提案されている。

上記従来技術における3タイプは、それぞれ携帯電話、ノートパソコン、テレビやプロジェクターに代わるウェアラブルディスプレイとして期待されていた。しかし、実際にはウェアラブルというメリットはあるものの、ディスプレイの視野の大きさでは従来のディスプレイとあまり差がなく、装備するときの面倒や視界を遮られることによる眼の疲れ、耳や頭に搭載する重量等を考えると、デメリットが目立つという欠点があった。更に、大きな視野角度を有するものでも $\pm 15 \sim 22.5^\circ$  程度であり、臨場感を得ることはできなかった。

一方、重量が大きくなることを前提として、複数のレンズを接眼レンズとして用い、大きな視野角度を得る方法を記載した方法としては、特開平7-244246号公報や特開2001-311910号公報に記載されるもの等があり、これらのものでは、 $\pm 22.5^\circ$  以上の視野角を得ることができる。しかし、これらのものは、あくまでも眼球を動かさない状態で広い視野角度が取れるというものであり、眼球を動かした時に発生する水晶体の接眼レンズ中心からのずれや、そのときの色収差について十分に考慮されてはいない。

また、この種の大きな視野角を有する装置では、接眼光学系が大きい形状となるため、重量も増し、もはや頭部にディスプレイを搭載するHMD型やメガネのように鼻と耳で重量を支えるメガネ型ディスプレイで

は重量的に整合しないという不都合がある。

#### 発明の開示

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、人間が見る視  
5 界に近い、大きな視界角度を有し、更に、眼球を動かした時に発生する  
水晶体の接眼レンズ中心からのずれに対しても、その時の色収差におい  
ても、十分に良好な画像を提供できる画像表示装置を提供することを目  
的とする。

前記目的を達成するための第1の発明は、光束放出方向に直交した2  
10 次元発光型の第1光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して  
左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の  
透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角±  
22.5°以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示  
装置であって、前記第1、第2光拡散体像の中心間距離は5.5～7.  
15 5cm内であり、前記第1、第2の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶  
体から1枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも2  
枚のレンズで構成され、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面が  
コーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であり、かつ、前記貼り合せレン  
ズの貼り合せ部は前記光拡散体側に凸面とされ、かつ、前記貼り合せレ  
20 ンズの色分散は前記光拡散体側のレンズの方が大きくされていることを  
特徴とする画像表示装置である。

後に発明を実施するための最良の形態の欄で詳しく説明するが、左右  
の眼に画像を伝達し、かつ、左右の眼用の光学系の位置が干渉しないよ  
うにするためには、第1、第2光拡散体像の中心間距離は5.5～7.  
25 5cm内とする必要がある。この条件下で、従来不可能であった視野角  
±22.5°以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させることを

実現させるためには、なるべく水晶体に近い位置に凸レンズを置いて、比較的近い範囲からのそれぞれの光束の主光線が、凸レンズの作用により大きな角度差を持って水晶体に入るようにすることが必要である。よって、本発明においては、水晶体に近い場所に、1枚又は複数枚の凸レンズを配置する構成とし、この部分には凹レンズを設けないようにする。

そして、この場合に、瞳の横シフト（以下「キョロ目」、「キョロ目動作」と呼ぶことがある。）を行っても、良好な像を得るために、凸レンズの周辺で発生する非点収差を改善する必要がある。そのために、凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面を、コーニック定数 $K < 0$ のコーニック面としている。さらにこの構成によって発生する色収差を改善するために、凸レンズの光拡散体側に貼り合わせレンズを設けている。

特に、第1、第2の接眼光学系では、眼球側に非球面の凸レンズを配置して、眼球の瞳に大きな角度で各主光線が入射するようにしているので、光拡散体における各光束の主光線の傾きは、比較的小さい。そこで、光拡散体に近い所に貼り合わせレンズを使用することで、貼り合せ面における入射角度も差ほど小さくなり、良好に色収差を補正できるようになる。

貼り合わせレンズにより色収差を改善するためには、色分散の大きなレンズ側に向かって貼り合せ面を凸とする必要があるので、本発明においては、貼り合せレンズの貼り合せ部を、前記光拡散体側に凸面し、貼り合せレンズの色分散は、前記光拡散体側のレンズの方が大きくなるようにされている。

これにより、光学系の大きさを大きくせず、視野角を大きくすることができ、かつ、非点収差、色収差をはじめ、各収差の小さい光学系とすることができる。又、貼り合わせレンズに入射する光を非テレセントリックとして、視野角を広げた場合に、像が観察可能なようにするために、

第 1 光電素子からの光を、一旦光拡散体上に結像させ、中間像から拡散した光が眼球に入るようにしている。

前記目的を達成するための第 2 の発明は、光束放出方向に直交した 2 次元発光型の第 1 光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して  
5 左右両目に対し独立した第 1、第 2 の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第 1、第 2 の接眼光学系を介して視野角  $\pm 22.5^\circ$  以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第 1、第 2 光拡散体像の中心間距離は 5.5 ～ 7.5 cm 内であり、前記第 1、第 2 の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶  
10 体から 1 枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも 2 枚のレンズで構成され、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも 1 面がコーニク定数  $K < 0$  のコーニク面であり、かつ、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は前記光拡散体側に凹面とされ、かつ、前記貼り合せレンズの色分散は前記光拡散体側のレンズの方が小さくされていることを  
15 特徴とする画像表示装置である。

本発明においては、貼り合せレンズの貼り合せ部を前記光拡散体側に凹面としているので、これに伴い、貼り合せレンズの色分散は、前記光拡散体側のレンズの方を小さくしていることが異なるのみであり、作用効果は前記第 1 の発明と同じである。

20 前記目的を達成するための第 3 の発明は、光束放出方向に直交した 2 次元発光型の第 1 光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第 1、第 2 の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第 1、第 2 の接眼光学系を介して視野角  $\pm 22.5^\circ$  以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示  
25 装置であって、前記第 1、第 2 光拡散体像の中心間距離は 5.5 ～ 7.5 cm 内であり、前記第 1、第 2 の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶

体から1枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも2枚のレンズで構成され、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面がコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であり、かつ、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は少なくとも2箇所あり、前記光拡散体に近い貼り合せ面が、前記光拡散体側に凹面とされ、もう一方の貼り合せ面は、前記光  
5 拡散体側に凸面とされ、前記貼り合せ部真ん中のレンズの色分散は、両サイドのレンズの色分散よりも大きくされていることを特徴とする画像表示装置である。

本発明においては、色収差のさらなる改善を図るために、貼り合せ  
10 レンズの貼り合せ部は少なくとも2箇所設けているだけで、前記第1の発明、第2の発明と基本的な作用効果は異ならない。この場合、貼り合せ部真ん中のレンズの色分散を、両サイドのレンズの方よりも大きくしていることに伴い、貼り合せ面は真ん中のレンズに向かって凸面となるように、すなわち真ん中のレンズが凹レンズとなるようにされている。通  
15 常、貼り合わせレンズは3枚十分であるが、4枚以上を使用する場合は、両端のレンズを除くレンズの組み合わせを上記1枚の真ん中のレンズと等価なレンズ系とすればよい。

前記目的を達成するための第4の発明は、光束放出方向に直交した2次元発光型の第1光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して  
20 左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角±22.5°以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第1、第2光拡散体像の中心間距離は5.5～7.5cm内であり、前記第1、第2の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶  
25 体から1枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも2枚のレンズで構成され、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面が

コーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であり、かつ、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は少なくとも2箇所あり、前記光拡散体に近い貼り合せ面が、前記光拡散体側に凸面とされ、もう一方の貼り合せ面は、前記光拡散体側に凹面とされ、前記貼り合せ部真ん中のレンズの色分散は、両  
5 サイドのレンズの色分散より小さくされていることを特徴とする画像表示装置である。

本発明においては、貼り合せ部真ん中のレンズの色分散を、両サイドのレンズの色分散より小さくしているので、それに伴い、貼り合せ面は真ん中のレンズに向かって凹面となるように、すなわち真ん中のレンズ  
10 が凸レンズとなるようにされていることが、第3の発明と異なるのみであり、作用効果は、前記第3の発明と同じである。

前記目的を達成するための第5の発明は、前記第1の発明から第4の発明のいずれかであって、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面がコーニック定数 $K < -1$ のコーニック面であることを特徴とするもの  
15 である。

本発明においては、凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面を、コーニック定数 $K < -1$ のコーニック面としているので、レンズ周辺での収差をさらに改善することができる。よって、凸レンズの曲率を上げることができるようになり、凸レンズとして屈折率が低いもので色分散の小  
20 さいものを使用可能となる。これにより、色消し用の貼り合わせレンズの設計が容易になる。

前記目的を達成するための第6の発明は、光束放出方向に直交した2次元発光型の第1光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の  
25 透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示

装置であって、前記第 1、第 2 光拡散体像の中心間距離は 5. 5 ~ 7. 5 c m 内であり、前記第 1、第 2 の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から 1 枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも 2 枚のレンズで構成され、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は前記光拡散  
5 体側に凸面とされ、かつ、前記貼り合せレンズの色分散は前記光拡散体側のレンズの方が大きくされ、さらに、前記拡散体は前記貼り合せレンズ方向に凹面形状の曲面とされていることを特徴とする画像表示装置である。

本発明においては、拡散体が貼り合せレンズ方向のある方向から見て  
10 凹面形状の曲面とされていることが最大の特徴である。拡散体をこのような曲面とすることで、拡散体から貼り合わせレンズに向かう光束が収束方向となる場合であっても、拡散体の寸法を大きくしなくて済む。よって、拡散体から貼り合わせレンズに向かう光束が収束方向となるような光束を使用することができ、その分、凸レンズの像倍率を小さくする  
15 ことができる。これにより、ディストーションや収差の発生を小さくすることができる。又、屈折率が小さく色分散の小さい硝材を凸レンズとして使用することができるので、色消しも容易となる。

前記目的を達成するための第 7 の発明は、光束放出方向に直交した 2 次元発光型の第 1 光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して  
20 左右両目に対し独立した第 1、第 2 の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第 1、第 2 の接眼光学系を介して視野角 ± 22. 5° 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第 1、第 2 光拡散体像の中心間距離は 5. 5 ~ 7. 5 c m 内であり、前記第 1、第 2 の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶  
25 体から 1 枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも 2 枚のレンズで構成され、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は前記光拡散



体側に凹面とされ、かつ、前記貼り合せレンズの色分散は前記光拡散体側のレンズの方が小さくされ、さらに、前記拡散体は前記貼り合せレンズ方向に凹面形状の曲面とされていることを特徴とした画像表示装置である。

- 5 本発明においては、貼り合わせレンズの構成が前記第 6 の発明と異なるのみであり、前記第 6 の発明と同じ作用効果を奏する。

前記目的を達成するための第 8 の発明は、前記第 6 の発明又は第 7 の発明であって、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも 1 面がコーニク定数  $K < 0$  のコーニク面であることを特徴とするものである。

- 10 本発明においては、凸レンズのレンズ面の内少なくとも 1 面がコーニク定数  $K < 0$  のコーニク面とされているので、凸レンズの周辺で発生する非点収差を改善することができる。

前記目的を達成するための第 9 の発明は、前記第 8 の発明であって、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも 1 面がコーニク定数  $K < -1$  の

- 15 コーニク面であることを特徴とするものである。

本発明においては、凸レンズのレンズ面の内少なくとも 1 面がコーニク定数  $K < -1$  のコーニク面とされているので、凸レンズの周辺で発生する非点収差を、さらに改善することができる。

- 前記目的を達成するための第 10 の発明は、前記第 1 の発明から第 9  
20 の発明のいずれかであって、前記第 1、第 2 の接眼光学系の光学的中心及び前記第 1、第 2 の光拡散体への投影画像中心の間隔が、眼幅と等しくなるように、これら 2 個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔が調整可能とされていることを特徴とするものである。

- 本発明においては、第 1、第 2 の接眼光学系の光学的中心及び第 1、  
25 第 2 の光拡散体への投影画像中心の間隔が、眼幅と等しくなるように、これら 2 個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔が調整可能とされてい

るので、使用者の眼幅に応じて調整を行うことにより、常に、使用者の両目の中心に、第1、第2の接眼光学系の光学的中心及び第1、第2の光拡散体への投影画像中心を位置させることが可能となる。なお、本明細書、請求の範囲で言う「眼幅」とは、両眼の間隔である。

- 5 前記目的を達成するための第11の発明は、前記第1の発明から第10の発明のいずれかであって、前記リレー光学系が、前記第1光電素子の像の前記拡散体への投影倍率を可変とするものであり、前記光拡散体へ入射する各光線の主光線は拡大から縮小の段階で拡散の方向から収束の方向へ変化する非テレセントリックであり、かつ、前記拡散体から射出され、前記眼球の瞳まで達する主光線は、前記拡散体から射出されるときに収束方向に傾いていることを特徴とするものである。

- 本発明においては、リレー光学系が、光拡散体に投影する光束の拡散体への投影倍率を可変とすることができるので、第1光電素子の像の倍率を変えて使用者の眼に投影することができる。その際、リレー光学系の投影倍率に応じて、拡散体への各光束の主光線は、拡散方向から収束方向まで非テレセントリックに変化するが、拡散板の働きにより、接眼光学系を、拡散体から射出され、眼球の瞳まで達する主光線が、前記拡散体から射出されるときに収束方向に傾いているようにすることができる。よって、リレー光学系的主光線による制約を受けることなく、接眼
- 15 光学系を設計できる。

- 前記目的を達成するための第12の発明は、前記第1の発明から第11の発明のいずれかであって、前記光を拡散する光拡散体が、金属酸化物や金属炭化物のミクロングレードで精密に粒径が管理された砥粒を透過板上にコーティングした透過型拡散板であることを特徴とするものである。
- 25

このような拡散板を用いることにより、拡散角を $\pm 60^\circ$ 以上に大き

くすることができ、キョロ眼を考慮した場合でも、 $\pm 22.5^\circ$ 以上の視野角を確保することができる。又、このような砥粒をコーティングした拡散板は、DVD映像、ハイビジョン相当の画質を観測する場合であっても、砥粒間を感じさせず、自然な画質を得ることができる。

5 前記目的を達成するための第13の発明は、前記第12の発明であって、前記砥粒が、シリコンカーバイド、酸化クロム、酸化スズ、酸化チタン、酸化マグネシウム、酸化アルミニウムのうちの少なくとも一つであり、前記透過板はポリエステルフィルムであることを特徴とするものである。

10 これらの物質の砥粒は、ミクロングレードの粒子とするのに都合がよく、又、ポリエステルフィルムは強靱であるので、高い耐久性が得られる。

前記目的を達成するための第14の発明は、前記第1の発明から第13の発明のいずれかであって、前記第1光電素子と光束が直交するように設置された2次元発光型の第2光電素子を有すると共に、前記第1光電素子から放出された光を前記光拡散体へ投影する前記リレー光学系の中に、前記第1、第2の光拡散体に光束を分割して導く光分割器を有し、前記光分割器には、前記第2光電素子からの光束が、前記第1光電素子から放出された光束と直交して入射するようにされ、かつ、前記光分割器は、前記第1光電素子、前記第2光電素子からの光を分割すると共に、分割された前記第1光電素子と前記第2光電素子の光束を合成して、それぞれ、前記第1、第2の光拡散体に導く機能を有することを特徴とするものである。

本発明においては、光分割器が、第1光電素子から放出された光を第1（右眼用）、第2（左眼用）の光拡散体に光束を分割して導くと共に、第2光電素子からの光を受け、これを分割し、さらに第1光電素子の光

束とを合成させ、第1、第2の光拡散体に導く。よって、第1光電素子の画像と、第2光電素子の画像の合成画像が、左右の眼用の光拡散体に投影され、接眼光学系によって、左右の眼の網膜に投影される。

前記目的を達成するための第15の発明は、前記第14の発明であって、前記第1光学素子から射出された光束が、ミラーで反射されて使用者の眼に至るまでのミラーの反射回数と、前記第2光学素子から射出された光束が、ミラーで反射されて使用者の眼に至るまでのミラーの反射回数との差が、0又は偶数であることを特徴とするものである。

本発明においては、このような構成とすることにより、第1光学素子と第2光学素子から射出された光束の左右が同一の状態で使用者の眼に投影される。

前記目的を達成するための第16の発明は、前記第14の発明又は第15の発明であって、前記第1光電素子から射出された光束が、ミラーで反射されて使用者の右眼に至るまでのミラーの反射回数と、ミラーで反射されて使用者の左眼に至るまでのミラーの反射回数との差が、0又は偶数であり、かつ、前記第2光電素子から射出された光束が、ミラーで反射されて使用者の右眼に至るまでのミラーの反射回数と、ミラーで反射されて使用者の左眼に至るまでのミラーの反射回数との差が、0又は偶数であることを特徴とするものである。

このような構成をとることにより、第1光電素子の画像、第2光電素子の画像とも、右眼と左目とで左右が逆転することなく、使用者の眼に投影される。

前記目的を達成するための第17の発明は、前記第14の発明から第16の発明のいずれかであって、前記第1、第2の接眼光学系の光学的中心及び前記第1、第2の光拡散体への投影画像中心の間隔が、眼幅と等しくなるように、これら2個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔が

調整可能とされ、かつ、これら 2 個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔が調整した場合に、前記第 1 光電素子から使用者の眼に至る光学距離、及び前記第 2 光電素子から使用者の眼に至る光学距離が、それぞれ変化しないように調整する、光学距離調整機構が設けられていることを特徴とするものである。

本発明においては、2 個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔を調整した場合でも、光学距離調整機構によって、第 1 の光電素子から使用者の眼に至る光学距離、及び前記第 2 の光電素子から使用者の眼に至る光学距離が、それぞれ変化しないように調整することができるので、像倍率、結像位置を変化させることなく、2 個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔を調整することができる。

前記目的を達成するための第 1 8 の発明は、前記第 1 4 の発明から第 1 7 の発明のいずれかであって、前記第 1 光電素子から放出された光を前記光拡散体へ投影する前記リレー光学系が、前記光拡散体に投影する光束の前記拡散体への投影倍率を可変とするものであり、かつ、倍率を変化させた際の前記第 1 光電素子及び、前記第 2 光電素子からそれぞれ前記拡散体へ投影された画面の照度をほぼ一致させるための照度可変機構を有していることを特徴とするものである。

本発明においては、倍率を変化させた際の第 1 光電素子及び、第 2 光電素子からそれぞれ拡散体へ投影された画面の照度をほぼ一致させるための照度可変機構を有しているので、像倍率を変化させても観察される画像の照度をほぼ一定に保つことができる。

前記目的を達成するための第 1 9 の発明は、前記第 1 の発明から第 1 8 の発明のいずれかであって、前記第 1 光電素子は透過型又は反射型の液晶デバイス素子であり、G, B, R の色に応じた 3 枚の液晶素子と当該液晶素子を照明する照明系を有し、当該照明系は G, B, R の発光 L

EDの出力を均一化する均一化光学系であることを特徴とするものである。

本発明においては、照明系が、G、B、Rの発光LEDの出力を均一化する均一化光学系とされているので、液晶素子が均一照明され、輝度  
5   むらが発生しない。

前記目的を達成するための第20の発明は、前記第19の発明であって、前記均一化光学系は高輝度LEDをそれぞれG、B、RのLED毎に複数個有し、これら複数個のLED発光部よりの光を、光ファイバーを用いて集光し、集光した光で前記液晶素子を照明することを特徴とする  
10   ものである。

本発明においては、複数個のLEDの出力を光ファイバーを用いて集光し、集光した光で液晶素子を照明するようにしているので、高照度の均一な照明が得られる。

前記目的を達成するための第21の発明は、前記第1の発明から第1  
15   8の発明のいずれかであって、前記第1光電素子は透過型又は反射型の液晶デバイス素子であり、G、B、Rの色に応じた3枚の液晶素子と当該液晶素子を照明する照明系を有し、当該照明系はG、B、Rの冷陰極管であることを特徴とするものである。

冷陰極間は小型化が容易であり、かつ消費電力が少なく、超寿命である  
20   ので、液晶デバイスの照明光として適している。

前記目的を達成するための第22の発明は、前記第21の発明であって、前記均一化光学系は冷陰極管をそれぞれG、B、Rの色毎に複数個有し、これら複数個の冷陰極管よりの光を、光ファイバーを用いて集光し、集光した光で前記液晶素子を照明することを特徴とするものである。

25   本発明においては、複数個の冷陰極管の出力を光ファイバーを用いて集光し、集光した光で液晶素子を照明するようにしているので、高照度

の均一な照明が得られる。

前記目的を達成するための第 2 3 の発明は、前記第 1 の発明から第 2  
2 の発明のいずれかであって、前記画像表示装置の少なくとも一部が、  
使用者以外の部分に支持されており、前記使用者の顔面にも接触し、前  
5 記使用者の顔面の動きに応じて移動可能とされていることを特徴とする  
ものである。

本発明においては、画像表示装置の少なくとも一部が、使用者以外の  
部分に支持されているので、使用者の負担を軽くすることができる。又、  
使用者の顔面の動きに応じて移動可能とされているので、楽な姿勢で画  
10 像を観察することができる。

前記目的を達成するための第 2 4 の発明は、左右両方の眼球に対応し  
て、少なくともそれぞれ独立した部分を有する光学系を有し、画像を前  
記左右のそれぞれの眼球内に投影させる画像表示装置であって、前記光  
学系の独立した部分は、前記眼球側から 1 枚又は複数枚の凸レンズ、貼  
15 り合わせレンズの順で少なくとも 2 枚のレンズで構成され、前記凸レン  
ズうち最も眼球側の凸レンズの眼球から遠い方の面は、コーニック定数  
 $K < 0$  のコーニック面とされていることを特徴とする画像表示装置であ  
る。

本発明においては、水晶体に近い場所に、1 枚又は複数枚の凸レンズ  
20 を配置する構成とし、この部分には凹レンズを設けないようにする。

そして、この場合に、瞳の横シフトを行っても、良好な像を得るため  
に、凸レンズの周辺で発生する非点収差を改善する必要がある。そのた  
めに、凸レンズうち最も眼球側の凸レンズの眼球から遠い方の面はコー  
ニック定数  $K < 0$  のコーニック面としている。さらにこの構成によって  
25 発生する色収差を改善するために、凸レンズの光拡散体側に貼り合わせ  
レンズを設けている。

すなわち、眼球側に非球面の凸レンズを配置して、眼球の瞳に大きな角度で各主光線が入射するようにしているので、光拡散体における各光束の主光線の傾きは、比較的小さい。そこで、光拡散体に近い側に貼り合わせレンズを使用することで、貼り合せ面における入射角度も差ほど大きくなくなり、良好に色収差を補正できるようになる。

これにより、光学系の大きさを大きくせず、視野角を大きくすることができ、かつ、非点収差、色収差をはじめ、各収差の小さい光学系とすることができる。

前記目的を達成するための第 2 5 の発明は、前記第 2 4 の発明であって、前記貼り合わせレンズは、前記光学系の独立した部分の、最も前記画像を形成する画像形成面側に設けられていることを特徴とするものである。

本発明においては、貼り合わせレンズを、光学系の独立した部分の、最も画像を形成する画像形成面側に設けているので、色収差を特に効率的に補正することができる。

前記目的を達成するための第 2 6 の発明は、前記第 1 の発明から第 1 3 の発明、及び第 1 9 の発明から第 2 2 の発明のいずれかの第 1 光電素子の代わりに、2 個の光束放出方向に直交した 2 次元発光型光電素子を有し、前記第 1 光電素子から放出された光を前記リレー光学系を介して左右両目に対し独立した前記第 1、第 2 の光拡散体に投影する代わりに、前記 2 個の光電素子から放出された光を、それぞれ前記リレー光学系を介して左右両目に対し独立した前記第 1、第 2 の光拡散体に投影するようにしたことを特徴とする画像表示装置である。

本発明においては、光電素子を左右の眼に共通にせず、左右の眼毎に独立した光電素子を使用しているところが、前記第 1 の発明から第 1 3 の発明、第 1 9 の発明から第 2 2 の発明と異なっているのみであり、本



質的な作用効果は、それぞれの発明と同じである。

前記目的を達成するための第 27 の発明は、前記第 26 の発明であって、前記第 1、第 2 の接眼光学系の光学的中心及び前記第 1、第 2 の光  
5 拡散体への投影画像中心の間隔が、眼幅と等しくなるように、これら 2  
つの接眼光学系及び投影画像中心の間隔が調整可能とされ、かつ、これ  
ら 2 つの接眼光学系及び投影画像中心の間隔を調整した場合に、前記 2  
個の光電素子から使用者の眼に至る光学距離が、それぞれ変化しないよ  
うに調整する、光学距離調整機構が設けられていることを特徴とするも  
のである。

10 前記目的を達成する第 28 の発明は、前記第 26 の発明又は第 27 の  
発明であって、前記 2 個の光電素子から放出された光を前記光拡散体へ  
投影する前記リレー光学系が、前記光拡散体に投影する光束の前記拡散  
体への投影倍率を、それぞれ可変とするものであり、かつ、倍率を変化  
させた際の前記 2 つの光電素子からそれぞれ前記拡散体に投影された画  
15 面の照度をほぼ一致させるための照度補正機構を有していることを特徴  
とするものである。

本発明においては、リレー光学系の倍率によって変化する照度を一定  
にする照度補正機構を有しているので、像の拡大縮小を行っても常に適  
当な明るさの像を表示することができ、使用者を疲れさせない画像表示  
20 装置とすることができる。

前記目的を達成するための第 29 の発明は、2 個の、光束放出方向に  
直交した 2 次元発光型の光電素子から放出された光を、それぞれリレー  
光学系を介して左右両目に対し独立した第 1、第 2 の光拡散体に投影し、  
同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第 1、第 2 の接眼光学系を介  
25 して視野角  $\pm 22.5^\circ$  以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像さ  
せる画像表示装置であって、前記 2 個の 2 次元発光型の光電素子が反射

型の液晶デバイス素子であり、1個の光源と、当該光源より放出された光をP偏光とS偏光に分離する第1の偏光ビームスプリッタと、P偏光とS偏光をそれぞれ、前記2個の2次元発光型の光電素子に導いて前記2次元発光型光電素子を照明し、その反射光を前記リレー光学系に導く  
5 光学系を有し、当該光学系は、前記P偏光、S偏光を、第2の偏光ビームスプリッタと $\lambda/4$ 板とを介して、前記2次元発光型の光電素子に導き、その反射光を前記 $\lambda/4$ 板と第2の偏光ビームスプリッタとを介して前記リレー光学系に導くものであることを特徴とする画像表示装置である。

10 本発明においては、2次元発光型の光電素子として反射型の液晶デバイス素子を使用している。そして、その照明用として共通に1個の光源を使用しているが、液晶デバイス素子を照明し、その反射光を別の光路に導く際にハーフミラー等を使用すると、その都度約半分の光が失われてしまう。

15 本発明においては、これを防ぐために、左右の眼用として使用する光を、それぞれP偏光、S偏光とし、偏光ビームスプリッタと $\lambda/4$ 板を使用することにより、この光量のロスを防ぐようにしている。具体的な方法については、実施の形態において説明する。

前記目的を達成するための第30の発明は、2組の、光束放出方向に  
20 直交した2次元発光型の光電素子から放出された光を、それぞれリレー光学系を介して左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記2組の2次元発光型の光電素子が、  
25 それぞれR、G、B光に対応した3個の反射型の液晶デバイス素子からなり、1個の光源と、当該光源より放出された光をP偏光とS偏光に分離

する第 1 の偏光ビームスプリッタと、P 偏光と S 偏光をそれぞれ、前記  
2 組の 2 次元発光型の光電素子に導いて前記 2 次元発光型光電素子を照  
明し、その反射光を前記リレー光学系に導く光学系を有し、当該光学系  
は、前記 P 偏光、S 偏光を、第 2 の偏光ビームスプリッタと  $\lambda/4$  板と、  
5 R G B 光束分割合成プリズムを介して、R, G, B 光に対応した前記 2  
次元発光型の光電素子に導き、その反射光を、前記 R G B 光束分割合成  
プリズム、前記  $\lambda/4$  板と第 2 の偏光ビームスプリッタとを介して前記  
リレー光学系に導くものであることを特徴とする画像表示装置である。

本発明においては、光源からの光を R G B 光束分割合成プリズムによ  
10 って、R、G、B 光に分割し、それぞれの光により、反射型の液晶デバ  
イス素子を照明する。各反射型の液晶デバイス素子で反射された光は、  
R G B 光束分割合成プリズムによって一つの光束にされる。よって、R、  
G、B 光に対応して異なるパターンの反射光を得ることができる。

前記目的を達成するための第 3 1 の発明は、前記第 2 9 の発明又は第  
15 3 0 の発明であって、前記光源が複数の白色 L E D をアレイ状に複数 2  
次元配置したものである。

白色 L E D は、他の光源に比べて照度が大きく、光への変換効率が高  
いので、発熱が少なく、消費電力が少ないという特長を有し、光源とし  
て優れている。

20 前記目的を達成するための第 3 2 の発明は、前記第 2 9 の発明又は第  
3 0 の発明であって、前記光源が、それぞれアレイ状に複数 2 次元配置  
された、R 色 L E D、G 色 L E D 群、B 色 L E D 群と、これらから発光  
される光を合成する R G B 光束合成プリズムを有することを特徴とする  
ものである。

25 白色 L E D は簡単な光学系であり省スペース化には優れているが、L  
E D の規格により色波長条件や強度が決まってしまうので、色具合の微

調整を行なうには不具合が多い。そこで、本発明においては、LEDをそれぞれ3つのR-LED群、G-LED群、B-LED群に分け、RGB光束合成プリズムにより各光束を合成するようにしている。これにより、光源の色の調整が可能となる。

- 5 前記目的を達成するための第33の発明は、前記第29の発明から第32の発明のいずれかであって、前記光源より放出された光を、前記2次元発光型の光電素子に導く光学系が、照明均一化手段を有することを特徴とするものである。

特にLEDを2次元に配置した場合、照明むらが発生することがある。

- 10 本発明においては、光源より放出された光を、2次元発光型の光電素子に導く光学系が、照明均一化発明を有するので、照明むらを緩和することができる。

- 前記目的を達成するための第34の発明は、前記第33の発明であって、前記照明均一化手段が少なくとも一つのロッドであり、前記ロッド  
15 の最終射出面と前記2次元発光型の光電素子の面が、ほぼ共役とされていることを特徴とするものである。

- ロッドとは、内面が鏡面となっている筒である。ロッドを通過する光は、その内面で多重反射を受けることにより均一化され、その最終射出面が均一な2次光元とみなせるようになる。この面と2次元発光型の光  
20 電素子の面が、ほぼ共役とすることにより、次元発光型の光電素子を均一照明できる。「ほぼ共役」とは、必要な均一照明度が得られる程度であれば、共役である位置からずれていても良いことを意味する。

#### 図面の簡単な説明

- 25 図1Aは、本発明の実施形態の前提となる接眼光学系の概要を示す図である。

図 1 B は、図 1 A に示す接眼光学系の収差を示す図である。

図 1 C は、図 1 A に示す接眼光学系の横収差プロット出力図である。

図 2 A は、本発明の実施形態に使用される接眼光学系の概要を示す図である。

5 図 2 B は、図 2 A に示す接眼光学系の収差を示す図である。

図 2 C は、図 2 A に示す接眼光学系の横収差プロット出力図である。

図 2 D は、図 2 A に示す接眼光学系の  $30^\circ$  キョロ目時における光線追跡図である。

図 2 E は、図 2 A に示す接眼光学系の  $30^\circ \pm 10^\circ$  の横収差プロット

10 出力図である。

図 3 は、人間のキョロ目動作に伴う視野中心の移動を示した図である。

図 4 A は、本発明の実施形態に使用される接眼光学系の概要を示す図である。

図 4 B は、図 4 A に示す接眼光学系の収差を示す図である。

15 図 4 C は、図 4 A に示す接眼光学系の  $30^\circ$  キョロ目時における光線追跡図である。

図 4 D は、図 4 A に示す接眼光学系の  $30^\circ \pm 10^\circ$  の横収差プロット出力図である。

20 図 5 A は、本発明の実施形態に使用される接眼光学系の概要を示す図である。

図 5 B は、図 5 A に示す接眼光学系の  $30^\circ$  キョロ目時における光線追跡図である。

図 5 C は、図 5 A に示す接眼光学系の  $30^\circ \pm 10^\circ$  の横収差プロット出力図である。

25 図 6 A は、本発明の実施形態に使用される接眼光学系の概要を示す図である。

図 6 B は、図 6 A に示す接眼光学系の収差を示す図である。

図 6 C は、図 6 A に示す接眼光学系の  $30^\circ$  キョロ目時における光線追跡図である。

図 6 D は、図 6 A に示す接眼光学系の  $30^\circ \pm 10^\circ$  の横収差プロット出力図である。

図 7 A は、本発明の実施形態に使用される接眼光学系の概要を示す図である。

図 7 B は、図 7 A に示す接眼光学系の収差を示す図である。

図 7 C は、図 7 A に示す接眼光学系の  $30^\circ$  キョロ目時における光線追跡図である。

図 7 D は、図 7 A に示す接眼光学系の  $30^\circ \pm 10^\circ$  の横収差プロット出力図である。

図 7 E は、図 7 A に示す光学系において視野中心がある場合の、コーニック面と色収差補正レンズを組み合わせた最適フォーカス位置での MTF (b) と、従来の光学系における最適フォーカス位置での MTF (a) とを比較して示した図である。

図 7 F は、図 7 A に示す接眼光学系の変形例の光学系の概要を示す図である。

図 8 A は、本発明の実施形態に使用される接眼光学系の概要を示す図である。

図 8 B は、図 8 A に示す接眼光学系の収差を示す図である。

図 8 C は、図 8 A に示す接眼光学系の  $30^\circ$  キョロ目時における光線追跡図である。

図 8 D は、図 8 A に示す接眼光学系の  $30^\circ \pm 10^\circ$  の横収差プロット出力図である。

図 8 E は、本発明の実施形態である、高輝度 LED とファイバーを用

いた液晶素子照明を示す図である。

図 8 F は、本発明の実施形態である、冷陰極管とファイバーを用いた液晶素子照明を示す図である。

図 9 A は、本発明の実施形態に使用されるズーム光学系で、画角 1 2 .

5 4 m m のときの光路図である。

図 9 B は、図 9 A の状態におけるフィールド収差出力図である。

図 9 C は、図 9 A の状態におけるスポットダイヤグラム出力図である。

図 9 D は、図 9 A の状態における横収差プロット出力図である。

10 図 1 0 A は、図 9 A に示されるズーム光学系で、画角を 25.13m m としたときの光路図である。

図 1 0 B は、図 1 0 A の状態におけるフィールド収差出力図である。

図 1 0 C は、図 1 0 A の状態におけるスポットダイヤグラム出力図である。

図 1 0 D は、図 1 0 A の状態における横収差プロット出力図である。

15 図 1 1 A は、図 9 A に示されるズーム光学系で、画角を 6 3 . 6 m m としたときの光路図である。

図 1 1 B は、図 1 1 A の状態におけるフィールド収差出力図である。

図 1 1 C は、図 1 1 A の状態におけるスポットダイヤグラム出力図である。

20 図 1 1 D は、図 1 1 A の状態における横収差プロット出力図である。

図 1 2 A は、本発明の実施形態に使用されるズーム光学系で、画角を変化させた場合の光路図である。( a ) は画角 18.5mm、( b ) は画角 31.92mm、( c ) は画角 63.13mm のものである。

25 図 1 2 B は、図 1 2 A に示すズーム光学系におけるスポットダイヤグラム出力図である。

図 1 2 C は、図 1 2 A の ( a ) の状態における M T F を示す図である。

図 1 2 D は、図 1 2 A の ( b ) の状態における M T F を示す図である。

図 1 2 E は、図 1 2 A の ( c ) の状態における M T F を示す図である。

図 1 2 F は、図 1 2 A に示すズーム光学系のズーム条件を変化させたときの、各状態の表を示す図である。

- 5 図 1 2 G は、図 1 2 A に示すズーム光学系において、視野角度が  $18.50^{\circ}$  の場合の評価周波数からの周波数毎の M T F を示した図である。

図 1 2 H は、図 1 2 A に示すズーム光学系において、視野角度が  $31.92^{\circ}$  の場合の評価周波数からの周波数毎の M T F を示した図である。

- 10 図 1 3 A は、図 1 2 A に示すズーム光学系を、一方の眼用に配列した例を示す図である。

図 1 3 B は、図 1 2 A に示すズーム光学系を、他方の眼用に配列した例を示す図である。

図 1 3 C は、図 1 3 A に示すズーム系と、図 1 3 B に示すズーム光学系とを組み合わせ、両眼用としたときの配列を示す図である。

- 15 図 1 3 D は、図 1 3 C に示すズーム系に、接眼光学系を組み合わせた全体配置を示す図である。

図 1 3 E は、光路長を変えずに、光学系を眼幅に合わせて調整するための光学系の例を示す図である。

- 20 図 1 4 は、図 9 A に示すズーム光学系をコンパクトに収納するため、折り曲げ配置した例を示した光路側面図である。

図 1 5 は、本発明による実施形態であるディスプレイ部の保持機構を示す概要図である。

図 1 6 は、図 1 4 に示した光学系を筐体に収納し、顔面に装着したときの光路パーツの配置の例を示す図である。

- 25 図 1 7 A は、本発明の他の実施の形態である画像表示装置の光学素子の例を示す図である。



図 1 7 B は、図 1 7 A に示す画像表示装置を頭部に装着した状態を、側面から見た概要図である。

図 1 8 は、本発明の実施の形態である光学系の一部を示す図である。

図 1 9 は、図 1 8 に示した光学系の変形例を示す図である。

- 5 図 2 0 は、図 1 8、図 1 9 に示した光学系の後側に形成される光学系の例を示す図である。

図 2 1 は、2つの2次元発光型の光電素子（反射型液晶素子）からの合成画像を、左右の眼に投影する光学系の例を示す図である。

- 10 図 2 2 は、左右の眼用にそれぞれ設けられた2次元発光型の光電素子（反射型液晶素子）から左右の眼に画像を投影するための光学系の概要を示す図である。

図 2 3 は、本発明の実施の形態である画像表示装置を座った状態で使用する状態を示す概念図である。

- 15 図 2 4 は、本発明の実施の形態である画像表示装置を寝た状態で使用する状態を示す概念図である。

図 2 5 は、2つの2次元画像出力装置からの出力画像を、両眼に導く方式の例を示す概要図である。

図 2 6 A は、従来技術による接眼レンズ系の構成の例を示す図である。

- 20 図 2 6 B は、図 2 6 A に示す接眼光学系におけるフィールド収差出力図である。

図 2 6 C は、図 2 6 A に示す接眼光学系の $\pm 15^\circ$ での横収差プロット出力図である。

図 2 6 D は、図 2 6 A に示す接眼光学系の $\pm 30^\circ$ での横収差プロット出力図である。

- 25 図 2 7 A は、従来技術による接眼レンズ系の構成の例を示す図である。

図 2 7 B は、図 2 7 A に示す接眼光学系におけるフィールド収差出力図

である。

図 2 7 C は、図 2 7 A に示す接眼光学系の  $\pm 15^\circ$  での横収差プロット出力図である。

図 2 8 は、眼鏡型ディスプレイ及び頭部装着型ディスプレイの代表的な  
5 実施形態を示した図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明実施の形態の例を、図を用いて説明する。まず、理解を深めるために、ウェアラブルディスプレイとして、視野角  $\pm 22.5^\circ$

- 10 以上の光学系を実現することが何故難しいかを簡単に説明していく。図 2 6 A ~ 図 2 6 D は広視野角度を得るために設計された光学系の 1 例を示すものである。これは、図 2 6 A の光学系の概要図に示すように、発光画面 G (ここでは発光画面と呼んでいるが、それ自身が発光したり光を反射して画像を形成したりするもののみならず、スクリーンのように、  
15 画像が投影され、そこから出る光が眼に観測されるものをも含むものである。) に対し、人間の目の瞳を H としたとき、屈折率は低いが色分散が小さい硝材 L A C 7 からなり、曲率が 220 cm の 3 枚の凸レンズ L 1、L 2、L 3 を使用した場合の例であり、図 2 6 A の光束は、それぞれ、視野角  $-60^\circ$ 、 $-45^\circ$ 、 $-30^\circ$ 、 $-15^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $30^\circ$ 、  
20  $45^\circ$ 、 $60^\circ$  を示している。

図 2 6 B では左から順に球面収差、非点収差、ディストーションを示しているが、非点収差が視野角  $\pm 30^\circ$  付近で 1.0 mm、ディストーションが 12.6 % 発生している。更に図 2 6 C では色収差が視野角  $\pm 15^\circ$  のところでも 150  $\mu$ m 程度発生しているのが確認できる。

- 25 一般に色収差を補正するために、色分散の異なる 2 種類以上の硝材を組み合わせて使用することが知られており、瞳の大きさを 5 mm 程度に

設定し、 $\pm 30^\circ$  の範囲で色収差を含む諸収差を補正したルーペ光学系のようなものは存在する。このような光学系の設計が容易な理由は、このような光学系においては、光学系と眼球の位置を固定して使用する必要が無いので、光学系の光軸と眼球の瞳の位置が常に最適になるように調整できるためである。

しかし、ディスプレイと目の位置を固定してそれぞれ別々の接眼光学系を用いて画像観察を行うウェアラブルディスプレイの接眼光学系としては、最大でも視野角 $\pm 22.5^\circ$  程度のものしか無い。図 26 D に、視野角が $0^\circ$ 、 $7.5^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $22.5^\circ$ 、 $30^\circ$  の場合の、図 26 A に示す光学系の諸収差を示す。レンズの組み合わせで色収差を補正したとしても、視野角 $22.5^\circ$  の位置では色収差 $200\mu\text{m}$ 、諸収差 $400\mu\text{m}$ となっており、人間の目で確認できる大きさを $100\mu\text{m}$ 程度とすると、これでは不十分であることが分かる。よって、人間の目で確認できる程度に収差を小さくするためには、凸レンズのみの組み合わせでは不十分であり、凸レンズと凹レンズの組み合わせが必要なことが推定される。

しかし、凸レンズと凹レンズの組み合わせを考えると、凹レンズでは、発光画面からの各光束の主光線のそれぞれは、傾きの差を小さくし、眼球の瞳における各主光線のそれぞれの傾きを大きくするように、効率良く広視野角度で発散する光束を偏向できず、従ってレンズ径を大きくせざるを得ないことになる。一方、凸レンズのみで構成した図 26 A の光束を見ても明らかなように、左右の目にそれぞれこのような接眼レンズを設置した場合、眼幅（左右の目の間隔）を $6.5\text{cm}$ とすると、凸レンズのみを使用した場合でも、左右両方の接眼光学系が鼻側で重なってしまい、鼻側の視野として $30^\circ$  程度までしか得られないことになる。凸レンズと凹レンズの組み合わせで収差を取ることを考えると、目から

出た各光束の主光線が凹レンズで広げられるので、更に鼻側の視野が取れないことになり、 $22.5^\circ$  程度が限界の視野角度となってしまう。

次に、視野をもっと大きく取ることを考えていく。臨場感の高い画像を得るためには、人間がメガネをかけた視界と同等以上の視界を得る必要があり、接眼レンズ径に制限のある鼻側の視野角度を十分に取らなければならない。鼻側の視野角度をもっと得るためには、更に凸レンズの曲率を大きくしたり、屈折率の高い硝材を用いることになる。

ここで、より広い視野を得るために、眼球側から曲率  $100\text{ cm}$ 、 $200\text{ cm}$ 、 $220\text{ cm}$  の3枚の凸レンズ  $L1'$ 、 $L2'$ 、 $L3'$  を用いた例を図27A～図27Cに示す。図27Aにおいて、Gは発光画面、Hは人間の目の瞳であり、図26Aと同じように、レンズには屈折率は低い色分散が小さい硝材  $LAC7$  を使用している。図27Aの光束を見ると、鼻側に  $65\text{ mm}$  の範囲内で  $45^\circ$  程度の広視野が得られているのがわかる。しかし、図26Bに対応する図27Bでは、視野角  $\pm 30^\circ$  付近で非点収差が  $3.5\text{ mm}$  と改善しているものの、ディストーションが  $13.5\%$  と大きくなっている。更に、図26Cに対応する図27Cでは、視野角  $\pm 15^\circ$  のところでも、色収差が  $150\text{ }\mu\text{ m}$  程度発生しているのが確認できる。このように、視野角を  $\pm 22.5^\circ$  以上に広げる光学系で、色収差を含む諸収差を補正した上に、光学系の直径を眼幅以内に制限するのは非常に難しいことがわかる。

以上、従来の技術では視野角が  $\pm 22.5^\circ$  以上ある接眼光学系を設計することが難しいことがわかったので、このような認識の下に、発明者が本発明を着想するに至る段階を説明していく。

従来の考え方で、図27Aのように収差が改善しないのは、レンズ周辺を光束路とする視野角度の大きい部分に該当する光束において、レンズの曲率が大き過ぎることが原因であり、普通はレンズの曲率を下げ

たり、凹レンズとの組み合わせにより収差を改善し、更にはレンズ枚数を多くする設計を行う。しかし、両目に別々の接眼系を有する機構の場合、前述のようにレンズ径を65mm以上にする事ができない。

そこで、発明者は、凸レンズの少なくとも1枚の面をコーニック面とすることにより改善を図ることを着想した。その1例を図1に示す。図1Aに示す光学系においては、発光画面Gからの光束を、3枚の凸レンズL11、L12、L13を用いて、人間の目の瞳Hに集光しているが、このうち、眼球に一番近いレンズL11の裏面（目から遠い側の面）をコーニック面とし、これによりコマ収差や非点収差を抑え、キヨロ目動作により瞳位置が変わっても、良好な像を眼球内に投影できるようにしている。光軸をz軸とするx-y-z直交座標系において、コーニック面の曲面Z(r)は、cを曲率を表す定数、 $r^2 = x^2 + y^2$ として、

$$Z(r) = \frac{c \cdot r^2}{1 + \sqrt{\{1 - (1+k) \cdot c^2 \cdot r^2\}}}$$

で表される。kはコーニック定数であり、 $k < 0$ を用いている。その光学設計値を表1に示す。なお、表1をはじめ、以下の表に示す面の曲率半径は、各レンズの面の位置に対し、曲率中心が瞳側にあるときは負、発光画面G側にあるときは正としている。又、曲率半径、光軸上の面間隔の単位は、特に断らない限りmmである。

(表 1)

面番号	面の曲率半径(mm)	光軸上での面間隔	硝材
瞳:	無限	12.000000	
1:	無限	18.000000	F2_SCHOTT (L 1 1)
2:	-40.00000	2.000000	
コーニック係数 K :		-0.800000	
3:	無限	15.000000	SK11_SCHOTT (L 1 2)
4:	-80.00000	2.000000	
5:	200.00000	15.000000	SK11_SCHOTT (L 1 3)
6:	-100.00000	22.074232	
発光画面 G:	無限	0.000000	

このような光学系における、球面収差、非点収差、ディストーションを図 1 B に示す。図 1 B を見ると分かるように、視野角  $\pm 30^\circ$  付近で、非点収差が 3 mm と改善されており、ディストーションも 9.5% と小さくなっている。この光学系の色収差を示す図 1 C では、色収差が視野角  $\pm 15^\circ$  のところでも 200  $\mu$  m 程度発生しており、反対に悪化しているのが確認できる。

しかし、図 1 A の接眼レンズ系は、色収差以外の収差については非常に良い特性を持っていることがわかったので、本発明の第 1 の実施の形態としては、図 2 A に示すように、光束の偏向角度が大きい眼球の瞳 H  
10 に近い凸レンズのレンズ (L 2 1、L 2 2) の 1 面をコーニック定数 K

<0 のコーニック面とする一方、色収差を補正するために互いに異なる  
 硝材を組み合わせた貼り合せレンズ（L 2 3，L 2 4）を設けるように  
 している。貼り合わせレンズは、少なくとも 2 枚のレンズで構成され、  
 かつ、貼り合せレンズの貼り合せ部は瞳側に凹面とし、かつ、貼り合せ  
 5 レンズの色分散は瞳 H 側のレンズの方が小さく、色収差補正効果が高い、  
 凸凹凸の形状にしている（ここでいう凸と凹の定義は瞳方向に凸の形状  
 を凸、反対方向の凸の形状を凹として表すことにする。このことは、特  
 に断らない限り、本明細書において同じである。）。図 2 A に示す光学系  
 の光学設計値を表 2 に示す。

(表 2)

面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	硝材
瞳:	INFINITY	12.000000	
1:	INFINITY	13.000000	TAFD5_HOYA (L 2 1)
2:	-38.00000	0.200000	
コーニック係数K : -0.700000			
3:	INFINITY	9.000000	TAFD5_HOYA (L 2 2)
4:	-78.00000	0.200000	
5:	138.00000	18.500000	FCD1_HOYA (L 2 3)
6:	-50.00000	3.000000	EFDS1_HOYA (L 2 4)
7:	91.00000	15.188265	
発光画面 G:	INFINITY	0.000000	

10 このような構成にした理由は以下の通りである。すなわち、前述のよ  
 うに、一般の接眼レンズとは異なり、視野角度が広い上に両眼別々に接

眼レンズがあるため、眼幅 65 mm の半分の半径以下で接眼レンズを構成する必要がある。よって、瞳 H に近いレンズは、できるだけ曲率の大きい凸レンズで光束を光軸側に大きく偏向させ、それぞれの光束の主光線が平行に近づいている物体側に近いところで色消しのための貼り合せ  
5 レンズを組み込み、更に、発光画面 G に近いレンズ面は、発光画面 G に向かって、発散方向に光束が傾くような凸面とする。

(なお、以上の説明においては、説明の都合上光束が瞳 H から出て発光画面 G に到達するように説明しているが、実際の光束はこの逆をたどる。今後、説明の都合上、光束が実際とは逆に瞳 H から出ているように  
10 説明をすることがある。)

これにより、瞳 H 側のコーニック面を有する凸レンズはレンズ周辺で発生する非点収差やコマ収差を改善し、貼り合せレンズで色収差補正を行い、貼り合わせレンズの最終面でディストーションを軽減し、かつ、  
15 レンズ径を大きくせずに諸収差を補正する大きな効果があり、ウェアラブルディスプレイのように、レンズ径に制約がある場合に有効である。

この光学系の球面収差、非点収差、ディストーションを図 2 B に示す。図 2 B では鼻側に  $45^\circ$  程度の広視野が得られており、更に非点収差が視野角  $\pm 30^\circ$  付近で 3 mm と図 1 B と同様に改善しており、ディストーションは図 1 B と比べても 9 % と小さくなっている。図 2 C に、この  
20 光学系の色収差を示すが、色収差は、視野角  $\pm 15^\circ$  のところでも  $80 \mu\text{m}$  以下に大きく改善されているのが確認できる。

但し、図 2 A の構成では、

(1) 眼幅 65 mm を考えると、鼻側には  $45^\circ$  までの視野角しか得られ  
25 てなく、メガネ視界で考えられる  $\pm 60^\circ$  には達していない。左右の目で見える領域が異なり違和感があるので、 $\pm 60^\circ$  の広視野角度を目指



す。

(2) 色収差が  $80\ \mu\text{m}$  では肉眼で確認できる可能性があり、もっと小さくする必要がある。人間の目の解像力を  $50\ \mu\text{m}$  程度とすると、色収差も  $50\ \mu\text{m}$  以下を目指す。

5    という課題がまだ残っている。

その上に、広視野画像を得るためには、人間の目で行う動作についても把握し、あくまでも自然に近い状態で画像を観察できる光学系にする必要がある。そこで人間の目で行う動作について検討してみることにした。

10    人間の目は、メガネ視界で  $\pm 30^\circ$  程度までは眼球を横シフトして周辺の物を確認することが自然に行われている。しかしながら、従来技術を調べても、 $\pm 30^\circ$  で収差が良い光学系は、あくまでも瞳位置を動かさない  $\pm 30^\circ$  について良好な数値を出しているだけであり、実際の眼球の横シフト動作についての検討を行っているものは無い。そこで、人間の眼球の横シフト動作でどの程度瞳が移動し、どのような条件で収差  
15    を取る必要があるかを調べた。その方法を図3により説明する。

調査方法としては眼球と光学系を固定し、眼球を  $0 \sim 45^\circ$  まで動かした時の収差を調べる方法で行った。まず、視点中心が  $0^\circ$  から  $45^\circ$  まで動いた時、瞳位置は、図3に示すように眼球の真ん中を中心として  
20    回転するので、 $15^\circ$  で  $3.88\text{mm}$ 、 $30^\circ$  で  $7.5\text{mm}$ 、 $45^\circ$  で  $10.6\text{mm}$  移動した位置から所定角度方向に向けて接眼レンズを介して画面像を観察することになる。また、人間の目は視点中心では高い視力を持つが、視点中心から  $\pm 5^\circ$  の視力は  $1/2$  に悪化、 $\pm 10^\circ$  の視力は  $1/4$  に悪化、 $\pm 15^\circ$  の視力は  $1/8$  に悪化することがわかって  
25    いる。

よって、接眼レンズの視野角は、広視野角全てに対し、良好な収差を

持つ必要は無く、視点中心移動角 $\pm 30^\circ$ で視点中心の $\pm 10^\circ$ の範囲を良好にしておけば良いと推定される。本発明による第1の実施の形態(図2A)では、視野角 $\pm 45^\circ$ 程度までは良好な収差となるように設計していたが、これ以降は視点中心移動角を $30^\circ$ とした場合の視点中心 $-10^\circ$ 、 $-5^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $5^\circ$ 、 $10^\circ$ の収差がどのようなになっているかを調べることにした。

図2Dは第1の実施の形態の光学系における、 $30^\circ$ キョロ目動作時の光束を図示したものであるが、図を見てもわかるように、画面Gの位置で大きな収差が発生している。図2Eは視点中心 $30^\circ$ でそこから $-10^\circ$ 、 $-5^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $5^\circ$ 、 $10^\circ$ の色収差がどのようなになっているかを調べた結果を示したものであり、縦軸が横収差、横軸が絞り面(瞳位置)での光軸に対する高さを示している。色収差が $200\mu\text{m}$ 、その他の収差も $200\mu\text{m}$ 程度発生しており、収差のスポットダイヤグラム(諸収差をスポットでプロットしたRMS値)は $400\mu\text{m}$ となって、キョロ目時には明らかに劣化した像となってしまうことがわかる。(なお、図2Aと図2Dでは、レンズ系が異なるように見えるが、これは説明の都合上、光線を図示する必要のある範囲のみレンズを図示しているためであり、両者は同じ光学系である。今後も、このように、同じレンズ系を、説明に必要な光線の広がりに応じて異なった形状に図示することがあるが、レンズの符号が同じであるものは同じレンズを示す。)

即ち、第3の課題として、

(3) 視点中心角 $\pm 30^\circ$ の範囲でそこから $-10^\circ$ 、 $-5^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $5^\circ$ 、 $10^\circ$ の収差が良好であること。視野中心での収差を $50\mu\text{m}$ 程度とした場合、 $\pm 5^\circ$ で $100\mu\text{m}$ 以下、 $\pm 10^\circ$ で $200\mu\text{m}$ 以下の性能を出す。

という課題を加え、前記(1)～(3)の課題を同時にクリアすること

により、完全に人間の自然な観察像と等価の画像を提供できることになる。

そこで図 4 A～図 4 D に示す本発明の第 2 の実施の形態においては、色収差を小さくするために、瞳近傍の凸レンズの硝材として屈折率が低いものの、色分散も低いものを使用することで色収差を改善し、コーニ  
5 ック係数を  $k \leq -1$  にすることでレンズ周辺の曲率を落とし、諸収差を改善する方法を考案した。この光学系は、図 4 A に示すように、凸レンズ L 3 1、L 3 2 と、凸レンズ L 3 3 と凹レンズ L 3 4 を貼り合わせた貼り合わせレンズからなる。その光学設計値を表 3 に示す。

(表 3)

面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	硝材
瞳:	INFINITY	10.000000	
1:	INFINITY	11.000000	TAC8_HOYA (L 3 1)
2:	-36.00000	0.200000	
コーニック係数 K : -1.000000			
3:	INFINITY	8.000000	TAC8_HOYA (L 3 2)
4:	-66.00000	0.200000	
5:	210.00000	17.000000	TAF3_HOYA (L 3 3)
6:	-44.00000	3.000000	SF59_SCHOTT (L 3 4)
7:	130.00000	19.067127	
発光画面 G:	INFINITY	0.000000	

10 その結果、図 4 A 図 4 B を見てわかるように、瞳が中心部にある場合のレンズ周辺を通る光束の収差は、図 2 A に示した第 1 の実施の形態に

比して悪化しているものの、図4C、図4Dのキョロ目 $30^\circ$ 時の諸収差は大きく改善し、スポットダイヤグラムは $0^\circ$ で $100\mu\text{m}$ 、 $\pm 5^\circ$ で $150\mu\text{m}$ 、 $\pm 10^\circ$ で $200\mu\text{m}$ 程度と明らかに改善していることが確認できる。

- 5      このような考えの下に設計された、本発明の第3の実施の形態を図5A～図5Cに示す。この光学系は図5Aに示されるように、光束の偏向角度が大きい眼球の瞳Hに近い凸レンズのレンズ(L51、L52)の1面をコーニック定数 $K \leq -1$ のコーニック面とする一方、色収差を補正するために互いに異なる硝材を組み合わせた貼り合せレンズ(L53、
- 10   L54)は、少なくとも2枚のレンズで構成し、かつ、貼り合せレンズの貼り合せ部は瞳H側に凸面とし、さらに、貼り合せレンズの色分散は瞳H側のレンズの方が大きく、色収差補正効果が高い、凸凸凸の形状にしている。図4Aと図5Aを比べると分かるように、第3の実施の形態においては、貼り合せレンズの貼り合せ部が瞳H側に凸面とされている
- 15   点が、第2の実施の形態との主たる違いである。

- 第3の実施の形態においても、第2の実施の形態と同様、発光画面G側のコーニック面を有する凸レンズL51でレンズ周辺で発生する非点収差を改善し、貼り合せレンズ(L53、L54)で色収差補正を行い、かつ、最終面を発散方向に光束が傾くような凸面とすることにより、デ
- 20   ィストーションを軽減し、キョロ目動作時の収差の改善を図っている。
- 表4に、図5Aに示された光学系の光学設計値を示す。

(表 4)

面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	硝材
瞳:	INFINITY	10.000000	
1:	INFINITY	11.000000	TAC8_HOYA (L 5 1)
2:	-36.00000	0.200000	
コーニック係数K : -1.000000			
3:	INFINITY	8.000000	TAC8_HOYA (L 5 2)
4:	-66.00000	0.200000	
5:	210.00000	3.000000	SF59_SCHOTT (L 5 3)
6:	44.00000	13.000000	TAF3_HOYA (L 5 4)
7:	130.00000	22.330761	
発光画面G:	INFINITY	0.000000	

その結果、図 5 A を見てわかるように、瞳が中心部にある場合のレンズ周辺を通る光束の収差は、図 2 A に示す実施の形態に比して悪化しているものの、図 5 B、図 5 C の眼球の横シフトが  $30^\circ$  のときの諸収差は大きく改善し、スポットダイヤグラムは  $0^\circ$  で  $200\mu\text{m}$ 、 $\pm 5^\circ$  で  $200\mu\text{m}$ 、 $\pm 10^\circ$  で  $250\mu\text{m}$  程度と第 1 実施例よりは改善していることが確認できる。但し、今回の貼り合せレンズは上記理由（最終面を発散方向に光束が傾くような凸面とする）により凸凸凸の形状にしているため、第 2 の実施の形態と比べると、色収差については補正効果が低く完全に補正できず、 $150\mu\text{m}$  程度のオフセットが発生してしまっている。

以上を示した本発明の第 1 の実施の形態～第 3 の実施の形態により、本発明による効果を確認してきた。そして、前述の課題である

(1) 眼幅 65 mm を考えると、鼻側には  $45^{\circ}$  までの視野角しか得られてなく、メガネ視界で考えられる  $\pm 60^{\circ}$  には達していない。左右の目で見える領域が異なり違和感がある。

5 (2) 色収差が  $80 \mu\text{m}$  では肉眼で確認できる可能性があり、もっと小さくする必要がある。

(3) 人間の目を見たメガネ視界でのキョロ目動作時に良好な画像を提供する。

10 の(3)についての改善ができることは説明してきたが、(1)、(2)の課題については十分クリアできていない。第1の実施の形態～第3の実施の形態で(1)と(2)が改善できない理由としては、(3)の課題を達成するためのコーニック面の使用及び、色収差を小さく抑えるための瞳側凸レンズに色分散の低い硝材を用いることでレンズ周辺の光束偏向角度を小さくしてしまい、最終的な発光画面Gの大きさを眼幅の65 mm以内に抑えることができなくなっていることが挙げられる。更に、  
15 ディストーションや収差を抑えるための発光画面G側レンズが凸であることも、最終的な発光画面Gの大きさを大きくする原因の一つになっている。

そこで、本発明の第4の実施の形態では、図6Aに示すように画面G自体を凹面にすることとした。図6Aに示す光学系の光学設計値を表5  
20 に示す。

(表 5)

面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	硝材
瞳:	INFINITY	10.000000	
1:	INFINITY	11.000000	TAFD5_HOYA (L 6 1)
2:	-30.00000	0.200000	
コーニック係数K : -1.100000			
3:	INFINITY	8.000000	TAFD5_HOYA (L 6 2)
4:	-66.00000	0.200000	
5:	-300.00000	12.500000	TAF5_HOYA (L 6 3)
6:	-45.00000	3.000000	SNPH2_OHARA (L 6 4)
7:	70.00000	20.190463	
発光画面G:	-45.00000	0.000000	

発光画面 G を凹面にすることを前提にして諸収差を計算したところ、色収差を小さく抑えるための瞳側凸レンズ (L 6 1, L 6 2) に色分散の低い硝材を用いなくても、比較的大きな屈折率と色分散を持つ硝材で図 6 B に示す良好な収差がえられ、図 6 C、図 6 D に示すキョロ目のときも第 3 の実施の形態と同等の性能が得られることがわかった。

最も特徴的なことは、発光画面 G 自体を凹面にしたことで、レンズ周辺を通る光束が広がる前に発光画面 G に達し、コーニック定数を -1.1 と更に小さくすることで、眼球の横シフト後でも諸収差を改善することが可能となる上に、結果的に眼幅 65 mm 以内にレンズ径及び発光画面 G を抑えられることである。この方法により、左右の両目で  $\pm 60^\circ$  の視野を確保し、その上キョロ目時にも良好な像を得ることが可能とな

る。

しかしここで問題となるのが発光画面Gの構造である。もし、発光画面Gを液晶素子等で構成する場合は、液晶画面自体を湾曲させる必要があり、もし、発光画面Gをスクリーンとして裏面より像を形成する場合はその投影光学系のフォーカスやテレセン性についても考慮する必要がある。5

これらの問題を解決することができる、本発明の第5の実施の形態を図7A～図7Eに示す。その光学系は、図7Aに示すように、前述の各実施の形態の貼り合せレンズによる色収差補正不足を、2面の貼り合せ10 レンズ(L73, L74, L75)を導入することで解消し、それによる光学系の他の収差の悪化を、瞳側の凸レンズ(L71, L72)に屈折率の高い硝材を用いるとともに、コーニク定数を更に小さい $k < -1.1$ とすることにより補正している。図7Aに示す光学系の光学設計値を表6に示す。



(表 6)

面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	硝材
瞳:	INFINITY	10.000000	
1:	INFINITY	11.000000	TAFD5_HOYA (L 7 1)
2:	-31.00000	0.200000	
コーニック係数K : -1.450000			
3:	INFINITY	7.500000	TAFD5_HOYA (L 7 2)
4:	-66.00000	0.200000	
5:	INFINITY	13.000000	TAFD30_HOYA (L 7 3)
6	-44.00000	3.000000	SNPH2_OHARA (L 7 4)
7:	35.00000	12.000000	TAFD30_HOYA (L 7 5)
8:	80.00000	9.568060	
発光画面G:	INFINITY	0.000000	

貼り合せレンズはL 7 3, L 7 4, 7 5の3枚のレンズで構成され、L 7 3, L 7 5のレンズ硝材より、L 7 4のレンズ硝材の色分散を大きくし、貼り合せ面を瞳H側に凹面凸面の順となるように構成している。そのため、大きな色収差を補正できる。また、瞳側の凸レンズ(L 7 1, 5, L 7 2)についても屈折率の高い硝材を用い、レンズ周辺を通過する光束の偏向角を大きくすることができている。

この方法で、レンズ径を眼幅の65 mm以下にすることが可能となるが、このままではキョロ目動作時の収差が悪化する。そこで、この実施の形態においては、レンズ径が65 mm以上にならない範囲で、コーニック定数を更に小さい $k = -1.45$ まで下げ、レンズL 7 5の発光面

面G側の面も凸面で構成することで、諸収差を抑える構成としている。

これにより、図7Bに示すように良好な収差がえられ、図7C、図7Dに示すように、キョロ目の時も視野中心 $30^\circ$ の位置で収差 $25\mu\text{m}$ 以内、中心から $\pm 5^\circ$ でも収差 $50\mu\text{m}$ 以内、 $\pm 10^\circ$ でも収差 $100\mu\text{m}$ 以内に抑えることができ、かつ、 $\pm 60^\circ$ の視野角度が得られる。

更に、第5の実施の形態では、 $15^\circ$ に視野中心がある場合の、コーニック面と色収差補正レンズを組み合わせた最適フォーカス位置でのMTF（所定の空間周波数を有する像について空間周波数を変化させた場合のライン／スペースでの振幅の $(\text{MAX}-\text{MIN})/(\text{MAX}+\text{MIN})$ を％で示したもの）と、従来技術で最適フォーカス位置でのMTFを比べている。その結果を図7Eに示す。図において、Tはタンデムシャル、Rはラディアルの理論的な最大値を示す。Xは水平方向、Yは垂直方向のMTFである。この例を見ても明らかなように、本実施の形態では各周波数でのMTFへの依存度が小さく、きれいな周波数特性を持っていることがわかる。これは、本実施の形態においては、画像を観察した時、像の浮き上がりや最良フォーカス位置が周波数により異なることで違和感を発生させることを防止し、良好な画像を提供することができることを意味する。

以上、図7Aにおいて、第5の実施の形態の光学系を示したが、実際の製造では色々な問題が発生する。すなわち、光学素子に用いる硝材自体、大きな屈折率を持った硝材であり、安定した条件で硝材の大きさを確保したり、加工したりすることが容易ではなく、コスト増を引き起こす可能性がある。よって、非球面加工が必要なコーニック定数 $<0$ の硝材としてはTAFD5よりはSLAH66のように硬質な材料を用いた方が加工し易い。

又、SNPH2等の硝材は硝材の品質管理上所定の厚さを確保するの

が難しいという問題がある。そこで第 5 の実施の形態の第 1 の変形例として、図 7 F に示すように、非球面レンズ L 7 1 の硝材を T A F D 5 から S L A H 6 6 に変更し、貼り合せレンズ L 7 3, L 7 4, L 7 5 の L 7 4 を L 7 4 A と L 7 4 B の 2 枚に分けた場合について以下に説明する。

- 5 図 7 F に示す光学系の光学設計値を表 7 に示す。レンズ径は、L 7 1 が 51.0mm、L 7 2 が 58.9mm、その他のレンズが 58.6mm である。

(表 7)

面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	硝材
瞳	INFINITY	10.000000	
1	INFINITY	11.000000	SLAH66_HOYA
2	31.00000 コーニック定数 K : -1.3	0.200000	
3	INFINITY	8.500000	SLAH55_HOYA
4	66.00000	0.200000	
5	INFINITY	10.500000	SLAH58_HOYA
6	53.00000	0.000000	
7	53.00000	3.000000	SNPH2_HOYA
8	INFINITY	0.000000	
9	INFINITY	3.000000	SNPH2_HOYA
10	-42.00000	0.000000	
11	-42.00000	11.000000	SLAH58_HOYA
12	150.00000	9.568060	
発光画面 G	INFINITY	0	

図 7 F に示す光学系（第 5 の実施の形態の変形例）の場合、僅かにレンズ曲率を変えるだけで、第 5 の実施の形態とほぼ同等の性能を得ることができる。L 7 4 A と L 7 4 B は共に中心厚 3 mm であり、図 7 A における L 7 4 では硝材として 25 mm 程度の厚みが必要だったのに対し、

L 7 4 A、L 7 4 Bでは共に15 mm以下の硝材厚が取ればよく、硝材の安定した供給を可能とする。

ここでL 7 4 AとL 7 4 Bの間はフラット面の貼り合せであるが、同一硝材なので、便宜上ここでは1枚として数えることとする。なお、L 7 4 AとL 7 4 Bを硝材の屈折率を僅かに変えたり、L 7 4 AとL 7 4 Bの貼り合わせ面が僅かに曲面を有するようにしたり等の変形を行った場合でも、無論同様の効果が得られるので、ここではこの様な手法を用いた貼り合せレンズについても、全て3枚貼り合せレンズとして定義するものである。

10 第5の実施の形態の変形例として、貼り合せレンズの組み合わせを変えた例を第6の実施の形態として図8 A～図8 Dに示す。すなわち、図8 Aに示すように、今まで貼り合せレンズによる色収差補正不足を2面の貼り合せレンズ(L 8 3, L 8 4, L 8 5)を導入することで解消し、それによる光学系の他の収差の悪化を、瞳側の凸レンズ(L 8 1, L 8 2)に屈折率の高い硝材を用いるとともに、L 8 1の非球面のコーニッ  
15 ク定数を更に小さい $k < -1.1$ とすることにより補正している。この実施の形態においても、第5の実施の形態と同じ効果が得られる。この光学系の光学設計値を表8に示す。

(表 8)

面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	硝材
瞳:	INFINITY	10.000000	
1:	INFINITY	11.000000	TAFD10_HOYA (L 8 1)
2:	-32.00000	0.200000	
コーニク係数K : -1.300000			
3:	INFINITY	7.500000	TAFD10_HOYA (L 8 2)
4:	-66.00000	0.200000	
5:	-500.00000	3.000000	SNPH2_OHARA (L 8 3)
6:	53.00000	21.000000	TAFD30_HOYA (L 8 4)
7:	-53.00000	3.000000	SNPH2_OHARA (L 8 5)
8:	200.00000	12.264784	
発光画面G:	INFINITY	0.000000	

貼り合せレンズはL 8 3, L 8 4, 8 5 の3枚のレンズで構成され、L 8 3, L 8 5 のレンズ硝材より、L 8 4 のレンズ硝材の色分散を小さくし、貼り合せ面を瞳H側に凸面凹面の順となるように構成している。そのため、大きな色収差を補正できるようになり、瞳側の凸レンズ (L 8 1, L 8 2) についても屈折率の高い硝材を用い、レンズ周辺を通過する光束の偏向角を大きくすることができている。この方法で、レンズ径を眼幅の65mm以下にすることが可能となる。

しかし、このままではキョロ目動作時の収差が悪化する。そこで、レンズ径が65mm以上にならない範囲で、コーニク定数を更に小さい  
 10  $k = -1.3$  まで下げ、レンズL 8 5 の最終面も凸面で構成することで、

諸収差を抑える構成としている。

これにより、図 8 B に示す良好な収差がえられ、図 8 C、図 8 D に示すように、眼球の横シフトの後も、視野中心  $30^\circ$  の位置で収差  $25\ \mu\text{m}$  以内、中心から  $\pm 5^\circ$  でも収差  $50\ \mu\text{m}$  以内、 $\pm 10^\circ$  でも、ほぼ収差を  $100\ \mu\text{m}$  以内に抑え、かつ、 $\pm 60^\circ$  の視野角度が得られる。

次に、発光画面 G について説明する。発光画面 G として最も理想的なものは、液晶ディスプレイ等に代表される発光型の 2 次元画像出力素子である。しかしながら、現時点の技術には  $60\text{mm}$  角程度のディスプレイで上記接眼光学系により拡大されても十分な画像の分解能を得るのに必要なドットサイズを有する 2 次元画像出力素子は存在しない。よって、2 次元画像出力素子からの画像を、 $\pm 60^\circ$  の視野角度で瞳に投影する場合、プロジェクターのような微小ドットサイズの発光型の 2 次元画像出力素子像の拡大像を得ることで、高画質とする必要がある。現在、存在しているプロジェクターは QVGA と呼ばれる解像度縦横が  $320 \times 240$  のものから、SXGA と呼ばれる解像度縦横が  $1980 \times 1024$  程度のものを用いて、GRB の各色で合計 3 枚の液晶表示素子でカラー像を別々に形成し、合成してその解像度を 3 倍とするのものまでさまざまである。

もし、本発明の実施の形態として解像度が低いものを利用すると、映画館クラスの大きさの画面では、その液晶表示素子の画素の継ぎ目が目で見えてしまい、臨場感が失われてしまう。よって、プロジェクター以上の画質を得る場合は、SXGA と呼ばれる解像度縦横が  $1980 \times 1024$  以上のものを用い、GRB の各色で合計 3 枚の液晶表示素子で各色の像を別々に形成し、それらの像を合成してその解像度を 3 倍とする技術を導入することが不可欠である。

また、前述の接眼光学系としては本発明の全てが発光画面 G に対し、

非テレセントリックな構成とすることで、良好なディストーション及び、収差補正を行っているため、前述のプロジェクターのような微小ドットサイズの発光型の２次元画像出力素子のテレセン条件を前記接眼光学系のテレセン条件と合わせる必要がある。

- 5       しかし、例えば第６の実施の形態で考えると、 $\pm 60^\circ$ の視野角度光束の主光線が発光画面Ｇの位置から接眼光学系のレンズＬ８５に達するときに、画面Ｇの法線となす角度は最大 $20^\circ$ であり、発光型の２次元画像出力素子から発光画面Ｇまでの拡大倍率を３倍とすると、発光型の２次元画像出力素子から放射される各画素の光束のＮＡは、この３倍の
- 10    $60^\circ$ で射出される非テレセントリック光学系でなければならない。このような２次元画像出力素子の照明機構を設計するのは液晶表示素子等の有効照明角度から考えても厳しい条件となる。

- そこで、発光画面Ｇの位置にスクリーンを設け、発光型の２次元画像出力素子から射出された光束をリレー系にて同スクリーンに投影し、その
- 15   の投影像がスクリーンを透過した裏面像を前記接眼光学系にて眼球の網膜まで再投影する方法を取ることが考えられる。この方法は従来例としても特開平７－１２８６１２号公報（特許文献３）に開示されているが、上記のような $\pm 22.5^\circ$ 以上で発生する収差を改善するための手法については何ら記載されていない。

- 20   今回のスクリーン導入においては、前記目標を達成した非テレセントリックな接眼レンズとして $20^\circ$ の傾きを持った接眼光学系に像を提供し、且つ、SXGAと呼ばれる解像度縦横が $1280 \times 1024$ の微小ドットよりも小さい粒子で形成された拡散透過型スクリーンを提供する必要がある。

- 25   以下、上記スクリーンとして、拡散ガラスを使用した例について説明する。図８Ｃを見ると、眼球の横シフトが $30^\circ$ のとき、最大 $\pm 10^\circ$



程度テレセンが傾いている（主光線が傾いている）ことがわかる。よって、スクリーンとしては、このキョロ目に対応して、視線の方向が変わっても、眼球の瞳に入射する光線が存在するように、各位置の光束の発散角が、十分に大きい角度になるようにし、かつ、人間の目で見てもその荒さが見えないレベル、即ち、スリガラスでいうと荒さ700以上の拡散角Aタイプに相当するものを用いればよい。もちろん、人間のキョロ目角度は $\pm 30^\circ$ 程度まで考慮する必要があるので、 $\pm 20^\circ$ 程度で光強度分布が大きく変わらないものを使用することが望ましい。なお、図8Aにおいては、視野角 $60^\circ$ の位置でのテレセンの傾き（主光線の傾き）はさらに大きい、この部分は人間の眼の解像度が低い部分であるので考慮しなくてもよい。

そこで、スクリーンとして、厚みが均一で表面が平滑なポリエステルフィルムに接着剤を塗布し、そして、ミクロングレードで精密に粒径が管理された砥粒をクリーンルームでコーティングしたものを使用する。なお、砥粒としてはシリコンカーバイド、酸化クロム、酸化スズ、酸化チタン、酸化マグネシウム、酸化アルミニウムなどの炭化物、酸化物が最適で、 $0.3 \sim 40 \mu\text{m}$ 程度の均一な超精密仕上げで製造したものを採用している。

このようにして形成されたスクリーンは、不透明ではあるが均一な砥粒をランダムに所定の厚さで積層させることが可能で、発散角を $\pm 60^\circ$ 以上に大きくすることができ、DVD映像やハイビジョン映像であっても全く粒状感を感じさせず、 $\pm 22.5^\circ$ 以上の視野角を確保することができる。また、このスクリーンは安く製造できる点でも好ましい。なお、この砥粒層は投影像の焦点深度以内の厚さにすることが好ましく、照度を得るためにできるだけ薄いことが望ましい。

なお、砥粒の大きさはメッシュナンバー #320～#15000 までが選択

可能であり、強靱なポリエステルフィルムを用いているので、耐久性が高くなる。なお、シリコンカーバイド、酸化クロム、酸化スズ、酸化チタン、酸化マグネシウム、酸化アルミニウムなどは、ミクロンオーダの砥粒を使用すると、不透明に見えてしまう。この際には、スクリーンへ

5 の投影照度を高くする必要がある。

上記スクリーンを利用した場合、拡散角が広くスクリーン上の粒子も見えないので鮮明な画像を得られる効果はあるものの、光量が1/10程度に低下する。よって、その分投影照度を上げる工夫が必要である。

勿論、プロジェクターのようなハロゲンランプを用いれば十分な照度が  
10 得られるが、後述の本発明での装置概観からすると、できるだけ照明系は小さく、且つ寿命の長い光源を用いる必要がある。そこで本発明の各実施の形態では図8E、図8Fに示すような2つの照明系を採用している。

図8Eは青色(B)、赤色(R)、緑色(G)を発光する高輝度LED  
15 166を用いた照明光学系を示す図である。この照明光学系として、RGBの3色の高輝度LED166と、個々の高輝度LED166毎に設けられた光ファイバーバンドルと、光ファイバーバンドルの射出端を瞳孔位置としたバックライト照明系163と、液晶表示素子169と、3色合成プリズム162が図示されている。

20 色合成プリズム162のほかの2つの側面には、同様に液晶表示素子、照明光学系、光ファイバーバンドル、高輝度LEDが設けられている。しかし、それぞれの高輝度LEDは、それぞれ異なる色が発色するものが配置されている。そして、色合成プリズム162の残りの一つの側面には、後述する図示するリレー光学系が設けられている。

25 最近のLEDの進歩は目覚しく、1[1m]程度の光出力を出すものが販売されており、将来的にはその10倍程度の出力を出せる超高輝度

LEDの開発も行われている。また、消費電力及び寿命の点からも優れた性能がある。しかしながら、その光の指向性は $15^\circ$ 程度であり、分布も均一では無い。その上、液晶表示素子の像をスクリーンに投影するためのズーム光学系（後述）としてはNAが0.02~0.03程度の光束が望ましく、前記液晶表示素子のバックライトに高輝度LEDの光を効率良く用いることは容易ではない。

そこで本実施の形態では、高輝度LEDの青色（B）、赤色（R）、緑色（G）それぞれ1個以上の高輝度LED 166を用意し、各LEDの射出位置に光ファイバー165を設け、同光ファイバー165を集めて丸く束ね、前記液晶素子のバックライト照明系163の瞳位置から射出する構成としている。一般にLEDの発光チップの発光面積は $200\mu\text{m}$ 程度であり、それ以上の直径のコアを持つ光ファイバーを発光面に設置する。例えば、LEDの照度を1 [lm] とすると、バックライト照明163の瞳の大きさは、設計上4mm $\phi$ 程度であり、この大きさの照明系を設計する場合は、0.8mm $\phi$ の光ファイバーならば約20本程度の束を瞳面に配置できる。よって、同照明系瞳位置に20 [lm] の照度を持つ均一面発光照明光を射出することが可能となる。

ここで光ファイバー165内では所定の角度を持つ光束が繰り返し全反射して光ファイバー165内を進むので、光ファイバー射出部（瞳面）ではその射出角度は入射角度と一致している。このため、光学ロッドと同じ効果で、光ファイバーの射出部では、光ファイバーへの入射光のNAと同じNAの光が射出されるため、無用に光束が広がることなく、ズーム光学系（後述）に光を供給することができる。従って、均一度が向上する照度均一光学系の役割も果たす。例えば、この瞳面での射出角度は液晶素子169の照射面積を決定するので、LEDの指向特性と照明系の倍率調整、ファイバー本数により調整が可能となる。

更に、一つのLEDから導くファイバーは1本である必要はなく、より径の小さいファイバーを束ねて使用することも考えられる。この場合は瞳上で束ねられたファイバー本数が多くなるので、瞳面の形状を円に近づけることが可能となる。更に、ファイバー径が小さい場合、LEDの指向性に合わせた配置が可能となり、瞳面での射出角度を小さくすることが可能となる。

図8Fは青色、赤色、緑色を発光する冷陰極管167を用いた照明光学系を示す図である。なお、図8Fにおいて、図8Eに示された構成要素と同じ構成要素には、同じ符号を付して説明を省略することがある。

10 冷陰極管は熱陰極管と比べて小型化することが可能であり、消費電力、長寿命の点からもCRT等のバックライトとして用いられている。しかしこれらのディスプレイバックライトは冷陰極管からの光束を拡散板等で拡散することで使用するのが一般的であり、この実施の形態のように、液晶素子からスクリーンまでのズーム光学系（後述）としてNAが0.02

15 ~0.03程度の光束に制限されたものに使用することは難しい。

そこで本発明では、青色、赤色、緑色それぞれ1個以上の冷陰極管167を用意し、各冷陰極管の射出位置に光ファイバー164を設け、同光ファイバー164を集めて丸く束ね、前記液晶素子のバックライト照明系163の瞳位置から射出する構成としている。冷陰極管としては一般に2mmφ×40mm程度が最小のものであり、同冷陰極管に指向性を持たせるための反射ミラー168を設置し、ファイバーを40mmの間に敷き詰めるようにする。例えば1mmφのファイバーなら40本敷き詰め、同ファイバーをほぼ隙間無く束ねると10mmφ程度の円形状にでき、同照明系瞳位置から高い照度を持つ均一照明光を射出することが可能となる。光量が冷陰極管一本で足りない場合は、複数本の冷陰極管を用いることも可能となる。

20

25

このように高輝度LED 166や冷陰極管167をバックライトとして使用することで消費電力を抑え、長寿命で光源交換のわずらわしさが無くなり、ハロゲンランプを用いる場合のファン等も必要がなく、シンプルな装置構成にすることができる。

5 図8E、図8Fにおいては、透過型の液晶表示素子169を用いた場合について説明しているが、反射型の液晶表示素子を用いた場合には、高輝度LEDや冷陰極管共に白色光を発光するタイプを用い、図8E、図8Fで示した方法と同様にして、照明光学系の瞳位置に発光面を形成する。

10 透過型液晶表示素子を用いた場合も、反射型液晶表示素子を用いた場合も、白色光の光源を用いた場合には、その後3色ビームスプリッターにより光束を赤、青、緑に分離して各反射型液晶素子にて反射された光束を再び3色合成プリズムで合成しズーム光学系に合成光束を射出する構成となる。

15 このように、発光画面GをスクリーンGとして置き換えた場合の照明系については問題が解決したので、この構成により、今までに無い新たな効果を出すことが可能となってくる。その一例として、図25を用いて、2つの発光型の2次元画像出力装置（液晶表示素子部と色合成プリズムをまとめてこのように呼ぶこととする）150X、150Yから出力された画像を分割・合成することにより、右目2Rと左目2Lに色々な画像を提供する方法を説明する。図25は、SXGA液晶表示素子からなる2次元画像出力装置150X、150Yの2つを用い、それぞれの光束を合成・分割するビームスプリッタを設け、同ビームスプリッタをハーフプリズム153タイプと全反射タイプ（通常の両面ミラー）又は全透過タイプ（通常の透明体）の光学部材154に切り替えることで、  
25 前述の合成及び、左右両目に別々の視差のある画像を投影することで立

体画像の提示両方ができる機構を示したものである。

図 25 において、図 25 の (a) は大きさの異なる画像  $x$ ,  $y$  を合成し、左右の目に同一画像として表示 (c) する例である。 $y$  は高解像度の出力画像であり、 $x$  は周辺情報や画像の出力画像である。一方、(b) は  
5 大きさが同一の異なる画像  $x$ ,  $y$  を左右の目に異なる画像として表示 (d) する例であり、 $x$ ,  $y$  画像を視差のある別画像とすることで、立体画像を楽しむことができる。図 25 の (a), (b) は、2 次元画像出力装置 150 X から出力された光束  $x$  と 2 次元画像出力装置 150 Y から出力された光束  $y$  を合成するハーフミラープリズム 153 と、同ハーフミラープリズム 153 と光路が等しくなるように設計された光学部材  
10 (この場合は通常の透明体) 154 を切り替えた時の光束  $x$ ,  $y$  の光路を示したものである。

図 25 の (a) では、2 次元画像出力装置 150 Y から出力された画像  $y$  の光束は、光学リレー機構 151 Y と光学的ズーム機構 152 X, 152 Y により、コンテンツの出力画像の解像度に対応した大きさに、  
15 スクリーン 149 L、スクリーン 149 R 上でズームダウンされる。一方、2 次元画像出力装置 150 X から出力された光束  $x$  は、光学リレー機構 151 X と光学的ズーム機構 152 X, 152 Y によりスクリーン 149 L、スクリーン 149 R 上で全視野画像にズームアップされる。  
20 これらの光束  $y$  と光束  $x$  は、ハーフプリズム 153 によりそれぞれ分割・合成され、光束  $x$ ,  $y$  として、図示を省略した前述の接眼光学系により、それぞれ左眼球 2 L の網膜上と、右眼球 2 R の網膜上に同一画像 (c) として投影される。

一方、図 25 の (b) では、2 次元画像出力装置 150 Y から出力された光束  $y$  は、光学リレー機構 151 Y と光学的ズーム機構 152 Y により、  
25 所定の画像の大きさにスクリーン 149 L 上にズームアップされ

る。一方、2次元画像出力装置150Xから出力された光束xは、光学リレー機構151Xと光学的ズーム機構152Xにより光束yと同じ大きさの光束xでスクリーン149R上にズームアップされる。これらの光束yと光束xは、光学部材154によりそれぞれ分割・合成されること無く透過し、それぞれ独立した画像(d)として、図示されていない前述の接眼光学系により、左眼球2Lの網膜上と、右眼球2Rの網膜上に別々に投影されることで、視差による立体像を楽しむことができる。

なお、スクリーン149Lと左眼球2Lの間、スクリーン149Rと左眼球2Rの間には、図示されていないが例えば図8Aに示すような接眼光学系が配置されており、スクリーン149L、スクリーン149Rは、例えば図8Aにおける発光画面Gに相当することになる。

この例では、両方の画像はSXGA液晶表示素子を用いた高画質画像であり、(c)のような周辺画像部分でも鮮明な画像を得ることができる。これは、例えば(c)の光束yを映画館のスクリーン画像とすると、周辺画像xとしては映画館の視聴者を含む周辺画像として提供すれば良い。周辺の画像の画質が良いので、本当に映画館にいるような臨場感を味わうことができ、その結果、奥行きのある画像として視聴できるという効果がある。それだけでなく、2つのSXGA液晶表示素子のみで、前述の計4つの液晶表示素子を有する機構と同じ性能を得ることができるので、コストを下げ、大きさを小さくする点で大きな効果がある。

このように、発光型の2次元画像表示素子から出力された画像をズーム光学系により前記スクリーン上に投影することは様々な利点があるが、実際にどの程度のズーム倍率を考えれば良いかを次に述べる。

まず、 $\pm 60^\circ$ の視野角度を確保し、スクリーン上で眼幅と同じ65mmの大きさとした場合、2次元液晶表示素子の画面サイズは0.8～0.9インチ程度なので、20mm～23mmの画像を65mmに拡大

する約3倍程度の拡大ズーム機構が必要になる。一方、ハイビジョン画像対応であるSXGA液晶表示素子に対し、ドットの完全に見えなくなるテレビサイズは40～50インチのテレビを数メートル離れて見る場合である。よって、視野角度として $\pm 18^\circ$ まで画面サイズを光学的に小さくできる構成とし、それ以上小さい画面は電氣的な切り替えで画面

5 サイズを小さくする構成とすれば、ドットが認識できず、SXGA液晶素子の微細ドットを有効に使用することができる。よって、ズーム倍率としては

$$\tan(60^\circ)/\tan(18^\circ) = 4 \sim 5 \text{ 倍}$$

10 程度のズーム倍率が必要となる。これは画角にして13～65mmとなり、2次元液晶表示素子の寸法から考えると、縮小～拡大まで対応したズーム機構としなければならない。

以下、第7の実施の形態として、第6の実施の形態において、発光画面Gとして63mmの大きさのスクリーン画像を視野角が $\pm 60^\circ$ 使用者の眼に導くような接眼レンズを用いた場合に使用されるスクリーン上に液晶面の画像を投影するズーム光学系の例を、図9～図11を用いて説明する。このズーム光学系は、SXGA液晶表示素子の画像を、発光画面Gでのサイズが12.4mm～63.6mmの範囲となるように変化させることができる5倍ズーム系である。

15

20 一般的なズーム光学系はカメラや写真引き伸ばし機に利用されており、物体面や投影面が離れており、且つ拡大光学系のみで利用されるものが殆どである。しかしながら、本発明に関連したズーム光学系は物体面と投影面の距離が短く、かつ、縮小～拡大までの5倍もの倍率変化をカバーする必要があるため、色収差の特性が縮小系と拡大系で変化すること

25 に対応した設計とする必要がある。

この問題を解決するために、図9A、図10A、図11Aに示すよう



に（これらはズーム条件が異なるだけで同じ光学系である）、液晶表示素子画像出力面OBJ側からL91～L96で構成されるレンズ群に少なくとも2つの貼り合せレンズを用い、瞳面（レンズL97の前面と同位置）までの光学系内で完全に色収差を補正する構成としている。瞳面には

5 開口絞りSTOが設けられており、開閉によりスクリーンG上の照度を任意に変えることができるようになっている。貼り合せレンズ（L91, L92）を液晶素子画像出力面OBJからレンズを介さない位置に配置し、貼り合せレンズ（L95, L96）を瞳面近傍に配置することで、像高に起因する色収差を貼り合せレンズ（L91, L92）にて補正し、

10 フォーカス方向に関する色収差を貼り合せレンズ（L95, L96）で補正する構成としている。液晶素子画像出力面OBJから瞳面までを長い光束としているのは、各レンズの曲率を小さくし、できるだけ諸収差が大きくならないように配慮したためである。

なお、図9A、図10A、図11Aにおいては、液晶表示素子画像出力面OBJを図示しておらず、片方の眼用の光学系のみを示している。

15 液晶表示素子が両方の眼に共通な1個の液晶光学素子である場合には、液晶表示素子画像出力面OBJからの光をハーフプリズムやハーフミラー等を用いて、左右の眼用の光に分割し、左右の眼に別々に設けられた図9A、図10A、図11Aに示すような光学系に入力する。この手法

20 は周知のものであるので、詳しい説明を要しないであろう。

次にズームを行うためのレンズ群の説明を行う。ズーム系は貼り合せレンズ（L97, L98）及び貼り合せレンズ（L99, L9A）で構成され、共に凹レンズとなっている。これは5倍の倍率変化を起こさせるには凹レンズの組み合わせが必要なためである。その理由は、ズーム

25 系は1枚の凹レンズで倍率を変更するが、倍率変更に応じてフォーカス位置が変化する。よって、変化したフォーカス位置を元に戻すために、

- もう 1 枚の凹レンズが必要となる。これらの凹レンズは、倍率が可変でフォーカス位置が変わらないよう、同期して位置を移動させる。勿論、凹レンズと凸レンズの組み合わせでもこのようなことは可能であるが、凹レンズ 2 枚の組み合わせで行う方が、倍率の可変幅を大きくでき、設計が容易である。

- 前者の貼り合せレンズ (L 9 7, L 9 8) は、フォーカス位置の決定、後者の貼り合せレンズ (L 9 9, L 9 A) は倍率可変に使用している。これらのレンズは固定されたレンズ L 9 6 ~ レンズ L 9 B 間を移動するので、色収差の発生条件が各場所で異なり、全倍率条件で色収差を補正することはできない。そのため、貼り合せレンズ (L 9 D、L 9 E) を加えて、それぞれの倍率条件でうまく色収差及びその他の収差が補正されるように貼り合せのレンズ硝材及び貼り合せ面の曲率を設定している。この光学系の光学設計値を表 9 に示す。

(表 9) 画面サイズ横 12.4 mm				
面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	RMD	硝材
OBJ:	INFINITY	97.000000		
1:	-300.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L 9 1)
2:	195.00000	2.000000		TAFD30_HOYA (L 9 2)
3:	-300.00000	1.000000		
4:	200.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 3)
5:	-400.00000	1.000000		
6:	90.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 4)
7:	115.00000	105.000000		
8:	40.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 5)
9:	-31.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L 9 6)
10:	-135.00000	0.000000		
STO:	INFINITY	0.500000		
12:	-38.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 7)
13:	25.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L 9 8)
14:	98.00000	3.430000		
15:	-38.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 9)
16:	28.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L 9 A)
17:	86.00000	34.670000		
18:	-151.00000	3.000000		TAFD30_HOYA (L 9 B)
19:	-46.00000	1.000000		
20:	300.00000	6.000000		TAFD30_HOYA (L 9 C)
21:	-150.00000	1.000000		
22:	200.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 D)
23:	-63.00000	5.000000		SNPH2_OHARA (L 9 E)
24:	200.00000	115.000000		
25:	INFINITY	3.000000		TAFD30_HOYA (L 9 F)
26:	180.00000	5.000000		SNPH2_OHARA (L 9 G)
27:	INFINITY	10.772097		
発光画面 G	INFINITY	0.000000		

これらの設計条件で設計した第 7 の実施の形態で、画像の大きさが 12.4mm で最も小さい縮小系の光学図面を図 9 A に示している。光学系としては、スクリーン G への投影像の主光線は収束方向に非テレセントリックとなっている。図 9 B には、この光学系における球面収差、非点収差、ディストーションを示しているが、良好な結果である。又、図 9 C にはスポットダイヤグラム、図 9 D には、各像高毎の横収差プロット出力図を出しているが、全像高で 35  $\mu$ m 以内の収差となっており、良好な画質が得られていることがわかる。

次に、図 10 A に、画像の大きさが 25.13mm で、図 9 に示した状態

からはおよそ2.5倍のズーム状態である時の光学図面を示す。レンズL96とレンズL97間の距離を0.5mm→8.38mmとし、レンズL98とレンズL99間の距離を3.43mm→6.5mmに変えることで2倍弱のズームを実現している。この光学系の光学設計値を表150に示す。

(表10) 画面サイズ横25.13mm				
面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	RMD	硝材
> OBJ:	INFINITY	97.000000		
1:	-300.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L91)
2:	195.00000	2.000000		TAFD30_HOYA (L92)
3:	-300.00000	1.000000		
4:	200.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L93)
5:	-400.00000	1.000000		
6:	90.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L94)
7:	115.00000	105.000000		
8:	40.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L95)
9:	-31.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L96)
10:	-135.00000	0.000000		
STO:	INFINITY	8.380000		
12:	-38.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L97)
13:	25.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L98)
14:	98.00000	6.500000		
15:	-38.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L99)
16:	28.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L9A)
17:	86.00000	23.720000		
18:	-151.00000	3.000000		TAFD30_HOYA (L9B)
19:	-46.00000	1.000000		
20:	300.00000	6.000000		TAFD30_HOYA (L9C)
21:	-150.00000	1.000000		
22:	200.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L9D)
23:	-63.00000	5.000000		SNPH2_OHARA (L9E)
24:	200.00000	115.000000		
25:	INFINITY	3.000000		TAFD30_HOYA (L9F)
26:	180.00000	5.000000		SNPH2_OHARA (L9G)
27:	INFINITY	10.749815		
発光画面G:	INFINITY	0.000000		

光学系としては、スクリーンGへの投影像の主光線はテレセントリック状態に近いが僅かに拡散方向に非テレセントリックとなっている。図10Bには、この光学系における球面収差、非点収差、ディストーション

ンを示しているが、良好な結果である。又、図10Cにはスポットダイヤグラム、図10Dには横収差プロット出力図を出しているが、全像高で50 $\mu$ m以内の収差となっており、良好な画質が得られていることがわかる。但し、図9Dと図10Dの横収差プロット出力図を見ると、その特性が変わっているのが良く分かる。

次に、図11Aに、画像の大きさが63.6mmで、図9に示した状態からはおよそ5倍のズーム状態である時の光学図面を示す。レンズL96とレンズL97間の距離を0.5mm→10.68mmとし、レンズL98とレンズL99間の距離を3.43mm→27.0mmに変えることで5倍のズームを実現している。光学系としては、スクリーンGへの投影像の主光線は拡散方向に大きく非テレセントリックとなっており、貼り合わせレンズL9F、L9Gがない場合は、今までと同様にスポットダイヤグラムと横収差プロット出力図を出してみると、やはり収差が大きくなっており、色収差が100 $\mu$ m程度残存してしまうことが判明した。

そこで、本発明では通常のカメラズームとは異なり、物体面の近傍に光学系を配置することが可能なのでそれを利用し、スクリーンGの近傍に貼り合せレンズ(L9F、L9G)を設置し、画角が大きくなった場合に色収差補正が可能な構成とした。説明はしていないが、既に図9Aと図10Aにも同貼り合せレンズ(L9F、L9G)が入っている。画角が小さい場合、この貼り合せレンズ(L9F、L9G)は収差に大きな影響を及ぼさないことは確認済みである。図11Aに示した光学系の光学設計値を表11に示す。

(表 1 1) 画面サイズ横 63.6 mm

面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	RMD	硝材
OBJ:	INFINITY	97.000000		
1:	-300.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L 9 1)
2:	195.00000	2.000000		TAFD30_HOYA (L 9 2)
3:	-300.00000	1.000000		
4:	200.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 3)
5:	-400.00000	1.000000		
6:	90.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 4)
7:	115.00000	105.000000		
8:	40.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 5)
9:	-31.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L 9 6)
10:	-135.00000	0.000000		
STO:	INFINITY	10.680000		
12:	-38.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 7)
> 13:	25.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L 9 8)
14:	98.00000	27.000000		
15:	-38.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 9)
16:	28.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L 9 A)
17:	86.00000	0.920000		
18:	-151.00000	3.000000		TAFD30_HOYA (L 9 B)
19:	-46.00000	1.000000		
20:	300.00000	6.000000		TAFD30_HOYA (L 9 C)
21:	-150.00000	1.000000		
22:	200.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 D)
23:	-63.00000	5.000000		SNPH2_OHARA (L 9 E)
24:	200.00000	115.000000		
25:	INFINITY	3.000000		TAFD30_HOYA (L 9 F)
26:	180.00000	5.000000		SNPH2_OHARA (L 9 G)
27:	INFINITY	10.772577		
発光画面 G	INFINITY	0.000000		

図 1 1 B にはこの構成における球面収差、非点収差、ディストーションを示しているが、良好な結果であり、図 1 1 C にはスポットダイヤグラム、図 1 1 D には横収差プロット出力図を出しているが、像高 0.5 (視野角度で  $\pm 30^\circ$ ) 以内では、 $50 \mu\text{m}$  以内の収差となっており、像高 5 1 (視野角度で  $\pm 60^\circ$ ) の条件でも  $80 \mu\text{m}$  以下のスポットダイヤグラムであり、良好な画質が得られていることがわかる。前述のように、図 9 D と図 1 0 D、図 1 1 D の横収差プロット出力図を見ると、その特性が 3 段階に変わっているのが良く分かるが、前述の 5 枚の貼り合せレ

レンズによる色収差補正を実現することで、全可変倍率で良好な投影像を得られる。

以下、本発明の第 8 の実施の形態に使用される、より性能の高いズーム光学系の例を、図 12 A ~ 12 (h) を用いて説明する。

- 5      以前の説明においては、スポットダイアグラムと横収差プロット図のみで説明してきたが、実際にはそれぞれ像高及び色による収差はフォーカス方向にそれぞれ異なる最適位置があり、その最適位置で評価を行う必要がある。更に、今回のズーム系で拡大された像を更に接眼光学系で拡大して観察するため、例えば液晶スクリーンが 22.1mm φ に入り、ア
- 10      スペクト比は 16 : 9 と仮定して液晶部の大きさを求めると、液晶パネルの横サイズは 19.26mm、縦サイズは 10.83mm となる。即ち、1280 画素の場合は横に  $19.26\text{mm} \div 1280 = 15\mu\text{m}$ 、縦に  $14.3\mu\text{m}$  の画素であり、そのピッチを解像できるにはピッチで考えて  $30\mu\text{m}$  の分解能がズーム光学系に必要となる。
- 15      周波数にして  $1000 \div (15+14.3)/2 = 34.13\text{Hz}$  の MTF を最適フォーカス位置で求めることで、収差の評価が可能となる。但し、MTF の場合限界解像度があり、NA（開口数）を小さくすると、いくら横収差や色収差が良くても像自体が解像できない。よって、NA を大きくとることが光学系にとって重要となるし、光量を得るにも都合が良い。しかし、
- 20      NA を大きくするとレンズの球面収差等の影響を大きく受け、これが MTF を悪化させる原因にもなる。

- そこで、第 8 の実施の形態である光学系では、前述のようにスクリーン手前に色収差補正レンズを組み込むと共に、移動ズーム光学系のすぐ後の曲率の大きいレンズの曲面に前述のコーニック面を入れている。これ
- 25      によりレンズ周辺を通る光束の球面収差が改善し、大きな NA で良好な収差特性が得られる。第 8 の実施の形態の光学系の光学設計値を表 12、

表 1 3 に示す。表 1 2、表 1 3 は、本来一つの表であるが、1 頁に入りきらないので分割して示したものである。

(表 1 2)						
面番号	曲率	レンズ厚	硝材	有効半径	レンズ 寸法	備考
液晶表示 素子面		97				レンズ、液晶表示素子 間距離
S1	-350	3	SNPH2_OHARA	11.7308		
S2, S3	194	2	SLAH58_OHARA	11.8343		貼り合せ面
S4	-350			11.8789	25.7578	
		1				レンズ間距離
S5	200	5	SLAH58_OHARA	11.9231	25.8462	
S6	-400			11.8654		
		1				レンズ間距離
S7	90	4	SLAH58_OHARA	11.7667	25.5334	
S8	115			11.4302		
		110				レンズ、瞳間距離
		10				レンズ間距離
S9	40.8	3	SLAH58_OHARA	2.931		
S10, S11	-24	3.5	SNPH2_OHARA	2.9601		貼り合せ面
S12	-70			3.0075	8.015	
可変		1				レンズ間距離
S13	-38	5	SLAH58_OHARA	2.9937		
S14, S15	23.2	3	SNPH2_OHARA	3.1501		貼り合せ面
S16	98			3.2234	8.4468	
可変		1				レンズ間距離
S17	-38	5	SLAH58_OHARA	6.3685		
S18, S19	30	3	SNPH2_OHARA	7.1443		貼り合せ面
S20	86			7.4226	16.8452	
可変		50				レンズ間距離



(表 1 3)

面番号	曲率	レンズ厚	硝材	有効半径	レンズ 寸法	備考
S21	-60	4	SLAH66_OHARA	13.5593		
S22	-50			14.2994	44.6	コーニック面：K=-0.235
		0.5				レンズ間距離
S23	500	3	SLAH58_OHARA	14.7214		
S24	-125			14.8457	31.6914	
		0.5				レンズ間距離
S25	200	3	SNPH2_OHARA	14.8804	31.7608	
S26, S27	53	5	SLAH58_OHARA	14.7602		貼り合せ面
S28	-198			14.7108		
		0.5				プリズム間距離
		32	SLAH58_OHARA	14.5996	32	プリズムorハーフミラー
		0.5				プリズム間距離
		32	SLAH58_OHARA	14.0066	32	プリズムorハーフミラー
		0.5				プリズム間距離
		32	SLAH58_OHARA	15.4218	32	プリズムor立方体ガラス
		3				レンズ間距離
S29	-80	3	SLAH58_OHARA	15.5415		
S30	-60			15.8653	33.7306	
		1.5				レンズ間距離
S31	-140	3	SLAH58_OHARA	15.9076		
S32	160			16.1997	34.3994	
		4				レンズ間距離
S33	-80	3	SLAH58_OHARA	16.509		
S34, S35	-61	3	SNPH2_OHARA	16.9972		貼り合せ面
S36	-79.5			17.7256	37.4512	
		57				レンズ間距離
S37	-80	6	SNPH2_OHARA	28.4376		
S38, S39	-52	3	SLAH58_OHARA	29.0976		貼り合せ面
S40	-80			30.7272	60	
		2.19623				レンズ間距離
発光画面 G: INFINITY		0				

ここでは S 2 2 面（レンズ L A B の像面側の面）がコーニック定数 -0.235 のレンズを使用しており、N A を 0.025 まで大きくした 5 倍のズーム機構を実現している。

なお、以上の表において、硝材を表すのに、「商品名（コード名）\_\_メーカー名」で表している。各硝材の屈折率は、表 1 4 に示すとおりであ

る。このうち、SLAH66は非球面に対し加工し易い硝材として用いている。

(表14)

商品名	各波長に対する屈折率													
	101.4nm	852.1nm	706.5nm	656.3nm	587.6nm	546.1nm	486.1nm	435.8nm	404.7nm	365nm				
メーカー	CODES													
SCHOTT	P2	1.60279	1.60671	1.61227	1.61503	1.62004	1.62408	1.64202	1.65064	1.66623				
SCHOTT	SK11	1.5533	1.55597	1.55939	1.56101	1.56384	1.56605	1.5753	1.57946	1.58653				
HOYA	TAFD5	1.81445	1.81928	1.82594	1.82919	1.835	1.83962	1.84862	1.86861	1.88494				
HOYA	FCD1	1.49008	1.49182	1.49408	1.49514	1.497	1.49845	1.50123	1.50451	1.50721				
HOYA	EFD51	1.88185	1.89064	1.90366	1.91038	1.92286	1.93323	1.95457	1.98281	2.0092				
HOYA	TAC8	1.71407	1.71788	1.72278	1.7251	1.72916	1.73234	1.73844	1.74571	1.75176				
HOYA	TAF3	1.78551	1.79001	1.79607	1.799	1.8042	1.80831	1.8163	1.82595	1.83408				
SCHOTT	SF59	1.90874	1.91856	1.93218	1.93927	1.9525	1.96348	1.98604	2.01557	2.04269				
HOYA	TAF5	1.79722	1.80172	1.8078	1.81074	1.816	1.82017	1.82827	1.83801	1.84619				
OHARA	SNPH2	1.87807	1.88758	1.90181	1.90916	1.92286	1.93429	1.95799	1.98772	2.01976				
HOYA	TAFD30	1.8606	1.86576	1.87299	1.87657	1.883	1.88814	1.89821	1.91045	1.92081				
HOYA	TAFD10	1.79597	1.80063	1.80695	1.81002	1.8155	1.81986	1.82833	1.8386	1.84727				
OHARA	SLAH58	1.86054	1.86572	1.87298	1.87656	1.883	1.88815	1.89822	1.9105	1.92092				
OHARA	SLAH66	1.75541	1.7596	1.76514	1.7678	1.7725	1.77621	1.78337	1.79187	1.79917				

図 1 2 A は、このような光学系におけるズームの状態を示すものであ

り、(a)は画角の大きさが18.5mm、(b)は画角の大きさが31.92mm、(c)は画角の大きさが63.13mmのときのものである。図12Aにおいて、LA1～LAKはレンズ、Pは、R、B、G三色合成用プリズム、HMはハーフミラー、P3は全反射プリズム、GLは光路長調整用ガラスである。但しハーフミラー、全反射プリズムでは、説明の都合上光路を折り曲げず、直進するように描いている。

レンズLA1とLA2、レンズLA5とLA6、レンズLA7とLA8、レンズLA9とLAA、レンズLADとLAE、レンズLAHとLAI、レンズLAJとLAKは、それぞれ貼り合わせレンズであり、貼り合わせレンズLA7とLA8、貼り合わせレンズLA9とLAAの位置を調整することによりズーム系を構成している。図12Bは、横収差、色収差のスポットダイヤグラムを従来通りに示すものであり、(a)、(b)、(c)は、それぞれ図12Aの(a)、(b)、(c)に対応する。

図12C、図12D、図12Eではフォーカスを振った時の像高毎のMTFを示している。図12Cは、図12Aに示すズーム光学系と、第5の発明の実施の形態における接眼レンズを用いた光学系を使用した場合で、フォーカス方向に可変させたときのMTFの変化を示す。測定条件は、物側の像の空間周波数を33サイクル/1mmとし、NAは0.025、視野方向を18.5°とした場合である。Xは像高方向に対して垂直な方向に光強度変化があったときの本光学系が無収差の場合の理論的なMTF変化(限界解像度)、Yは像高方向と同方向に光強度の変化があったときの本光学系が無収差の場合の理論的なMTF変化(限界解像度)である。そして、像高0.25の場合のX方向(像高方向とは垂直な方向)におけるMTFを細い点線で、像高0.25の場合のY方向(像高方向と平行方向)におけるMTFを太い点線で示し、像高0.5の場合のX方向(像高方向

とは垂直な方向)におけるMTFを太い実線で、像高 0.5 の場合のY方向(像高方向と平行方向)におけるMTFを細い実線で示し、像高 0.75 の場合のX方向(像高方向とは垂直な方向)におけるMTFを細い一点鎖線で、像高 0.75 の場合のY方向(像高方向と平行方向)におけるMTFを太い一点鎖線で示し、像高 1 の場合のX方向(像高方向とは垂直な方向)におけるMTFを細い二点鎖線で、像高 1 の場合のY方向(像高方向と平行方向)におけるMTFを太い二点鎖線で示した。なお、横軸のスケールは、適当な基準位置から距離を示す。

同様に、図 1 2 D の測定条件は、物側の像の空間周波数を 2 1 サイクル/1 mm とし、視野方向を 31.92° としたものであり、線の意味は、図 1 2 C と同じである。更に図 1 2 E の測定条件は、物側の像の空間周波数 8 サイクル/1 mm とし、視野方向を 60.13° としたものであり、線の意味は図 1 2 C と同じである。なお、NA はそれぞれ 0.025 としている。

このように、フォーカス位置を適宜変更すれば、どの像高も MTF が 0.3 以上となる位置がある。ところで、MTF の値が 0.3 以上であれば、経験的に画像を観賞する際に十分な解像度が得られることが分かっている。したがって、本発明の第 8 の実施の形態によるズーム光学系においては、あらゆる像高に対しても十分な解像度が得られていることがわかる。

これらをまとめたものが、図 1 2 F であり、前述の液晶素子サイズ及び、5 m 先の 1.5 mm の C の字隙間が読める視力 1.0 の人を基準に評価周波数を決定している。

これを見ると、視野角度が 18.50° の場合(条件 1)では、像高 1 の場合でも MTF は 31.5 であり 30% を超えている。視野角度が 31.92° の場合(条件 6)も、像高 1 の場合でも MTF は 31.1 であり 30%

を超えている。視野角度が  $34.28^\circ$  を超えると、像高 1 の場合の MTF は 30% を割り込むが、元々、前述の通り、ギョロ目動作では視野角度が 45% 以上でレンズ有効径を超えてしまい、直接画像を観察することができない。人間の目は中心視野以外大きく視力が低下することがわか  
5 っている。周辺画像となる 45% 以上の収差に対し、像高 0 ~ 0.5 の収差を 40% 以上に設定する構成としている。また、図 12 G、図 12 H は、それぞれ視野角度が  $18.50^\circ$  の場合、視野角度が  $31.92^\circ$  の場合の各評価周波数毎の MTF を示したものであるが、コーニック面を使用し、色収差補正をスクリーン近傍で使用していることにより、安定した周波数特性を得ることができている。  
10

以上、図 12 A ~ 図 12 H までを使用して本発明による第 8 の実施の形態までを説明したが、図 13 A ~ 図 13 C にて、図 25 に示した両目対応の画像表示装置に対応して、ズーム光学系 152 X、152 Y に本発明の第 8 の実施の形態のズーム光学系を適用した概略構成図を示し、  
15 図 13 D にて、本発明の第 5 の実施形態の接眼レンズ、本発明の第 8 の実施の形態のズーム光学系 152 X、152 Y（一部構成省略）及び、2次元画像表示装置 150 X、150 Y、そして、ミクロングレードで精密に粒径が管理された砥粒をクリーンルームでコーティングされたスクリーン 149 L、149 R を用いて、図 25 に示した構成を実現した  
20 例を示す。

図 13 A は、第 8 の実施の形態のズーム光学系を折り曲げて右目出力用としたものであり、図 13 B は、第 8 の実施の形態のズーム光学系を折り曲げて左目出力用としたものである。これらを合成すると、第 13 (c) に示したような両目に異なる画像を提供する機構となり、分割・  
25 合成光学系としてハーフプリズム又はハーフミラー HM を用いると、図 13 A に示したズーム光学系と図 13 B に示したズーム光学系の倍率を

変えて、両目に大きさの異なる中心高解像画像情報及び周辺情報提供画像を両目に同時に出力することが可能となる。

これらの図において、P 1、P 2、P 3は全反射プリズムであり、全反射プリズムP 1においては、光線は2回反射されて、光軸が反射される前の光軸と平行になっている。全反射プリズムP 2、P 3においては、光路は90°偏向されている。光路差調整用ガラスGLは、全反射プリズムP 1とP 3を通る光線の光路差を調整し、両眼の光学系が同じ光学系で構成できるようにするためのものである。又、R、B、G各色の三色合成用プリズムPは、図13Cに示されるように、R、B、G用の3つの液晶素子からの光を合成し、一つの光として光学系に送り込むためのものである。

両目に対応した光学系は全て前記ハーフプリズム、ハーフミラーHMの反射面に対し光路長が同じで、かつ、発光画面Gでの最大像寸法が65mmになり、同一数の反射面を持つ構造となっている。そのため、少スペースな構成である上に、部品の共通化や両目に対し共通の画像を提供し易い構成にすることができている。図13Dに、図12Cに示す光学系と、図8Aに示す光学系を組み合わせた、全体の光学系の概要を示す。図13Dにおいて、Eは眼球である。

上記図13Dの構成は、両目で同一画像を観察する場合、新たな効果を奏する。本件のような両目に独立したスクリーン画像を接眼レンズにより投影する装置は各接眼光学系の光学的中心間距離と眼幅を一致させることで、左右に発生したディストーションを同じ条件にすることができるので、両目で異なる画像を見る際に引き起こされる違和感や目の疲れを完全に排除することができる。しかし、人間の眼幅は個人差があり、5.5cm～7.5cm程度変わるため、液晶表示素子から接眼光学系に至る左右眼用の光学系全体の間隔を、観察者の眼幅に合わせて変える

ことが望ましい。一部の光学系のみ移動したり、画像出力位置を電氣的に変える場合、左右の収差条件が異なり、同一画像が得られず、両目で異なる画像を見る際に引き起こされる違和感や目の疲れを完全に取り除くことができない。

- 5       このような問題を解決する光学系の構成の例を図13Eに示す。この構成では、図13C等にも示されている全反射プリズムP1を2つの全反射プリズムP4とP5に分割している。そして、全反射プリズムP2とハーフプリズム・ハーフミラーHMを固定し、全反射プリズムP3と光路差調整用ガラスGLを組にして図の左右に移動させることができるよう
- 10       うにすると共に、全反射プリズムP5も図の左右に移動可能としている。LRは右眼用光学系、LLは左眼用光学系をまとめて示したものである。図で(a)と(b)を比較すれば明らかなように、全反射プリズムP3と光路差調整用ガラスGLを組にして図の左右に移動させても、右眼用光学系LRまでの光路長には変化無く、光軸の位置(図で上下方向)のみ
- 15       を変えることができる。又、全反射プリズムP5を図の左右に移動させても、左眼用光学系LLまでの光路長には変化無く、光軸の位置(図で上下方向)のみを変えることができる。

- 図13Dではわかり易くするために光学系を単純化して図示したが、実際の画像表示装置としては、光路長が全長で350mmもある機構は
- 20       採用できず、できるだけ光学系を折り曲げることで小さいスペースに入れることが望ましい。そこで図14では反射ミラーM1、M2、M3、M4、M5を用いて、小さいスペースに本発明による光学系を組み込んだ例を示す。この光学系は図9Aに示された、第7の実施の形態におけるズーム光学系であるが、図12Aに示された、第8の実施の形態にお
- 25       けるズーム光学系でも、このような構成をとれることは言うまでもない。なお、反射ミラーM1～M5はそれぞれ右眼用と左眼用のために2つず



つあるが、紙面と直交方向にずれて同一位置にあるので、ここでは簡単のために1つのみを図示している。図14でOBJは、液晶表示素子面である。

図14に示したように、光学系を折り曲げて小さいスペースに入れた理由としては、本光学系を図15に示すようなボックス11内に収納する必要があったためである。これは前述のように、もし、本発明の実施の形態に解像度が低いものを利用すると、映画館クラスの大きさの画面では、その液晶表示素子が目で見えてしまい、臨場感が失われてしまう。よって、プロジェクター以上の画質を得る場合は、図16に示すように、

5 SXGAと呼ばれる解像度縦横が1280×1024(16:8に合わせた1280×760でも可)以上のドットを有する、GRBの各色毎に用意された3枚の液晶表示素子(OBJG, OBJR, OBJB)を、緑色の照明系LSG、赤色の照明系LSR、青色の照明系LSBにより別々に照明し、

10 各色毎にカラー像を別々に形成し、合成してその解像度を3倍とする技術を導入することが不可欠である。更に、広視野角度による画像を得る場合、光学的にも重く複雑なものを導入せざるを得ない。どうしてもそれらを優先すると、眼鏡型ディスプレイやヘッドマウント型ディスプレイでは大きさ、重量共に許容できないものとなってしまう。

そこで本発明の実施の形態では、図23に示すような広視野角度を持った床置き型ディスプレイを採用している。椅子やベッドへの固定でもよいが、手軽に家庭内で場所を動かしたりできることに鑑みると、この床置き型タイプが最も良いと考えられる。但し、固定したディスプレイは顔の位置を容易に変えることができず、顔を固定することで新たな疲労を発生させてしまう。そのため、この機構は顔を光学部材に設けられ

20 たフィット弾性材及び板バネに支えられたイヤホン120により、柔らかく覆う形で、顔の位置に合わせて任意の状態に移動できる構成を取っ

ている。この機構は、DVDやビデオプレイヤー、TV画像出力機 1 1 4 等と接続でき、従来のプロジェクターと同様にパソコン、TVゲーム機 1 1 3 等とも接続が可能である。そして、画像合成・変換装置 1 2 1 により、それらの既存コンテンツ像をディスプレイ上で歪みがないよう  
5 にし、複数の像を同時にディスプレイ上に表示できるように設計されている。

このデータは伸縮が可能な伸縮棒からなる支持部 1 1 5 を介して、関節部を複数有する振動防止型関節棒 1 1 6 に支持される全視野角度ディスプレイ装置 1 1 8 により、その変換像を表示することが可能となっている。ここで、同装置には振動防止型関節棒 1 1 6 及び、全視野角度ディスプレイ装置 1 1 8 の重量をキャンセルするためのカウンターバランス部（ウェイトフリーバランサー） 1 1 7 が取り付けられており、人間  
10 がその重量を感じず、更に顔の動きに追従するように関節機構が工夫されている。

15 基本的に人間は振動防止型関節棒 1 1 6 及び、全視野角度ディスプレイ装置 1 1 8 を動かすときの慣性力を感じるだけであり、この機構を採用することで、高画質、広視野角度の画像を得ることが可能となっている。図 2 4 は本機構を用いてベット上で寝た場合であるが、このような動きが可能な機構にするには振動防止型関節棒 1 1 6 の接合部分がポイ  
20 ントとなってくる。

図 1 5 に示す例は、前述の説明においてはボックス 1 1 として示された全視野角度ディスプレイ装置 1 1 の重心位置を支持部 1 3 で支持するようになっている。すなわち、全視野角度ディスプレイ装置 1 1 には凹部 1 2 が設けられ、全視野角度ディスプレイ装置 1 1 の重心位置を球面  
25 軸受 1 3 c を介して支持部 1 3 で支えるようになっている。図 1 5 の（a）は斜視図、（b）は後部から見た立面図、（c）は平断面図、（d）

は側面図である。球面軸受 1 3 c を使用しているため、図 1 5 (a) に示すように、全視野角度ディスプレイ装置 1 1 は、支持部 1 3 の周りに回転が可能である。又、支持部 1 3 は、部材 1 3 a と部材 1 3 b とからなるテレスコープ構造を有しており、図 1 5 (b) のように上下に移動可能とされている。又、全視野角度ディスプレイ装置 1 1 は、凹部 1 2 の範囲において、図 1 5 (c) に示すように左右方向に回転が可能であると共に、図 1 5 (d) に示すように前後方向にも回転が可能とされている。

すなわち、球面軸受（ユニバーサルジョイント） 1 3 c を用いているので、どのように顔を動かしても、 $\theta_x$ 、 $\theta_y$ 、 $\theta_z$  駆動についての自由度がある構造になっている。特に、図 1 5 (d) に示すように、首を前後に振ったとき、特に使用者がうつむいたときに必要な角度の回転が可能となっている。

この図 1 5 に示した全視野角度ディスプレイ装置 1 1 の内部に図 1 4 の折り曲げ光学系を入れた例を図 1 6 に示す。この例においては、第 6 の実施の形態において示した図 8 A に示す接眼光学系と、第 7 の実施の形態において示した図 9 A に示すズーム光学系を使用している。ここでは振動防止型関節棒 1 1 6 の支持部 1 3 が全視野角度ディスプレイ装置 1 1 の重心位置に設置され、両目 E の光学系の間で動き、光学系と干渉しないようにされている。また、重心位置はできるだけ接眼光学系の近傍にした方が良い。これは重心位置をできるだけ人間の首 H E の位置に近づけることで、首 H E を回転中心とした顔面の動きに沿って全視野角度ディスプレイ装置 1 1 8 を動かした時の慣性が小さくなり、スムーズな追従動作を行わせることができるためである。

ただし、慣性を 1 0 0 % 無くすることはできないので、必要に応じて顔面と全視野角度ディスプレイ装置 1 1 8 を密着させて動かすようにす

るための固定ベルト等を、併せて用いるようにしてもよい。

本発明においては、重心位置をできるだけ人間の首の位置に近づける策として、イヤホン120部と接眼光学系の重量が重たくなるので、光学系の引き回しを工夫することで、重心位置はできるだけ接眼光学系の  
5 近傍とし、重心位置を回転中心としてイヤホン及び接眼光学系の180度反対方向に発光液晶部及び電気系等の重量物を設置することで、新たなおもりを設置しなくても図16に示したような首に近い位置に重心を置くことができる。なお、図16においては、鼻当て部11aを設けることにより、全視野角度ディスプレイ装置11の位置決めを行うよ  
10 うにしている。また、図16に示した13'は、使用者が横になったときにおける支持部13の位置を示している。

本発明の他の実施の形態の例を、図17Aに示す。両目用の光学系は人間の顔を左右に分ける軸yを含む紙面に垂直な面对称なので、ここでは左目用の光学系のみ説明することとする。2次元液晶デバイス203  
15 gを透過した光束は、色ビーム合成プリズム204、リレー拡大光学系205を含む光学系により眼球209に導かれるが、図17Aに示す光学系では、その間に4枚のミラー(213, 216, 217, 221)により偏向することで、図示したような形状の左目画像表示装置215Lと、右目画像表示装置215Rを構成している。なお、図17Bは、  
20 本光学系のミラー217、221のレイアウトを示すための図面である。ミラー217、221は図17Bに示すように、光束を上下方向に偏向するためのものであり、この画像表示装置の重心位置GRAが、頭部の回転中心CNTの近くに来るようにして、回転モーメント以外の慣性力をなるべく小さくするために用いられている。また、左目画像表示装置  
25 215Lと右目画像表示装置215Rは眼幅補正機構214により左右に移動できる構成となっている。

すなわち、本発明のような、両目に独立したスクリーン画像を接眼レンズにより投影する装置においては、接眼レンズの光学的中心と眼線の中心を一致させることで、左右に発生したディストーションを同じ条件にすることができるので、両目で異なる画像を見る際に引き起こされる

5 違和感や目の疲れを完全に取り除くことができる。しかし、人間の両眼の間隔である眼幅は個人差があり、5.5 cm～7.5 cm程度変わるため、本来観察者の眼幅に合わせて、左目画像表示装置 215 L と右目画像表示装置 215 R の目に入射する光線の中心位置間の距離を、眼幅補正機構 214 により、変えることができるようになっている。すなわ

10 ち、眼幅補正機構 214 は、ミラー 213 の位置を変えることにより、左目画像表示装置 15 L と右目画像表示装置 215 R の目に入射する光線の中心位置を、それぞれ独立に変更できるような機能を有している。

画像表示装置 215 には耳 218 を挟み込む固定機構と視聴を行うためのイヤホンを兼ねた挟み込み部材 219 があり、弾性部材 220 により

15 所定の力で顔を挟み込むことで顔と画像表示装置 215 が固定されるように設計されている。

又、眼球 209 と接眼光学系 208 の間には外界からの漏れ光を遮光し、且つ眼球 209 と接眼光学系 208 との接触を防止するための弾性カバー 212 が設置されており、臨場感・没入感を向上させると共に、

20 目を傷つけないための安全機構の役割を果たしている。

以下、前述の4枚のミラー（213, 216, 217, 221）の役割について説明する。4枚のミラー（213, 216, 217, 221）は光学系を折り曲げて小さいスペースに入れるということだけでなく、重要な意味を持っている。

25 図17Aでは頭211及び首210の断面を合わせて示し、図17Bでは本画像表示装置を使用したときの顔に対する位置を側方から見たと

ころを示している。人間の頭の動きは首 2 1 0 により行われているため、首 2 1 0 の断面のフィールド内に頭 2 1 1 の動きの回動中心があると考えることができる。仮にその点を C N T とした場合、画像表示装置 2 1 5 は頭 2 1 1 に固定されているので、C N T を中心に移動する。

5     画像表示装置は、4 枚のミラーで図 1 7 A、図 1 7 B に示すように、左右対称で上下方向にも重量配分を考慮したレイアウトとされているため、画像表示装置の重心位置 G R A が、頭部の回動中心 C N T の近くに来るようになっている。そのため、首や頭部を容易に動かしやすくなっている。

10    図 1 8 に、本発明の実施の形態である光学系の一部を示す。この実施の形態は、画像形成用の光学素子として反射型の液晶素子を使用し、一つの光源からの光を S 偏光と P 偏光に分けて、それぞれの眼用に使用することにより、光量のロスなく反射型の液晶素子を証明し、反射光を次のリレー光学系に伝達できるようにしたものである。

15    まず 2. 5 m m 毎に穴が設置された基板 3 0 1 上に白色の L E D 3 0 2 を 2 次元にパネル形状（パネルが 1 6 : 9 ならば 1 6 : 9、4 : 3 なら 4 : 3）に敷き詰め、一斉に照明できるような配線が行われている。ここで L E D 3 0 2 は熱に弱いので、お互いの発熱により寿命が縮まらないように、所定の空気層を設けたり、廃熱層を挿入する等の工夫が行  
20    なわれている。L E D 3 0 2 から射出された白色光束は偏光ビームスプリッター 3 0 3 によって P、S 偏光に分離され、ロッド 3 0 4 L 1、3 0 4 R 1 にそれぞれの光束が入るように配置されている。ロッド 3 0 4 L 1、3 0 4 R 1 の断面は、パネル形状と相似の形状であるが、ガラス硝材やプラスチック硝材、又は内面をミラーにして 4 面を 2 対に対向させた断面が長方形形状のもので作られており、内部を光が通過するとき  
25    に、内面反射を複数回行なうことで均一照明が得られる構造となってい

る。

ロッド 304L1 の射出面と次のロッド 304L2 の入射面が共役になり、且つ偏向できるように、レンズ 306L1, 偏向ミラー 305L1 がそれぞれ配置されている。一般にロッドはその長さに応じて、通過する光の均一化効果が高まるので、それぞれのロッドの合計の長さを、左右の眼用の光学系でほぼ同一にしておけば、両方の均一性はほぼ等価とすることができる。次のロット 304L2 により更に均一性が上がった状態で偏向ミラー 305L2、307L1、305R1、307R、レンズ 306L2、306R1 により、前記ロッド 304L2、304R1 の射出面と、反射型液晶素子からなる各パネル 310L(r)、310L(g)、310L(b)、310R(r)、310R(g)、310R(b) 面が共役になるように設置されており、均一照明が行なわれる。ここで白い矢印方向は後に示すリレー光学系につながる。ここで、元々それぞれの光束は P 偏光、S 偏光なので、所定の偏光ビームスプリッター 307L、307R にて偏向されるように調整されている。

この光学系の作用は、左目用と右目用について同じであるので、以下の説明は左目用について行う。なお、図において左目用の構成要素には符号 L を、右目用の構成要素には R を付して区別している。

LED 302 からの光は、偏光ビームスプリッタ 303 により P 偏光と S 偏光に分離される。このうち、P 偏光が左目用に使用されるものとして説明を行うが、もちろん、S 偏光が使用されるものとしても作用効果は同じである。分離された光 (P 偏光) は、前述のように、ロッド 304L1、304L2 を介して均一化され、偏向ミラー 305L2 とレンズ 306L2 を通って、偏向ビームスプリッタ 307L で反射され、レンズ 306L2 と  $\lambda/4$  板 308L を介して、RGB 光束分離合成プリズム 309L に入射し、R 光、G 光、B 光に分離される。

分離されたR光、G光、B光は、それぞれ、反射型液晶素子からなる各パネル310L(r)、310L(g)、310L(b)を照明するが、前述のように、ロッド304L2の射出面と、反射型液晶素子からなる各パネル310L(r)、310L(g)、310L(b)の面は共役になるようにされているので、各パネルの面が均一に照明される。

各パネルには、それぞれの色に対応する反射パターンが形成されるようになっており、反射された光は、RGB光束分離合成プリズム309Lを通ることにより一つの光束に合成され、 $\lambda/4$ 板308Lとレンズ306L2を介して、偏向ビームスプリッタ307Lに入射する。その際、光束は $\lambda/4$ 板308を2回通ることによりS偏光に変換されているので、今度は偏向ビームスプリッタ307Lを透過して、矢印の方向にあるリレー光学系に導かれる。

もし、偏光ビームスプリッタ307Lの代わりにハーフミラーやハーフプリズムを使用した場合には、約半分の光量が反射と透過の際に失われるので、もともとの光量の $1/4$ の光量しか使用できないが、この実施の形態では、偏光ビームスプリッタ307Lと $\lambda/4$ 板308を組み合わせて使用することにより、ほぼ全ての光量を有効に使用することができる。

さらに、各パネル310L(r)、310L(g)、310L(b)と、310R(r)、310R(g)、310R(b)に形成されるパターンを異ならせることにより、両目に異なる画像を送り、立体画像情報を提供することや、左右の眼に到達する光量を調整することも可能となる。

なお、本実施の形態では、偏向ビームスプリッタ307Lは、P偏光を反射しS偏光を透過するものとし、一方、偏向ビームスプリッタ307Rは、S偏光を反射しP偏光を透過するものとしているが、偏向ビームスプリッタ307L、偏向ビームスプリッタ307Rのいずれ一方の



前に、S偏光とP偏光を置換する $\lambda/2$ 板を設けるようにすれば、偏向ビームスプリッタ307L、偏向ビームスプリッタ307Rとして同じ特性のものを使用することができる。

- 次に、図19に、図18に示した光学系の変形例を示す。この図においては、偏光ビームスプリッタ303以後の光学系は、図18に示したものと同一であるので、同じ構成要素には同じ符号を付してその説明を省略し、偏光ビームスプリッタ303に至る前の光学系についてのみ説明を行う。前述の白色のLED302は簡単な光学系であり、省スペース化には優れているが、LEDの規格により色波長条件や強度が決まってしまうので、色具合の微調整を行なうには不具合が多い。そこで図19に示す実施の形態では、LEDをそれぞれ3つの、2次元配置されたR-LED群302(r)、G-LED群302(g)、B-LED群302(b)に分け、RGB光束合成プリズム309により各光束を合成した後にロッド304により光束のリレー、均一照明化を行っている。
- そしてロッド304の射出面と、ロッド304L1、304R1の入射面を共役にするレンズ306、方向を変更する偏向ミラー305を追加設置している。この機構では、電圧調整により各LED群の強度を任意に調整できるので、画像の色調整が行い易く、更に任意の色LEDの組み合わせを可能とすることで、更なる良好な画像を得ることができる。
- 図20は、図18、図19に示した光学系の後側に形成される光学系の例を示す図である。図20に示す光学系は、基本的には図17Aに示した光学系と同一であるので、同じ構成要素には、同じ符号を付してその説明を省略するが、図17Aに示すように光路の折り曲げを行っていないので、図17Aに示された偏向ミラー217、221は用いていない。なお、図20で、222L、222Rは、結像面であり、この面に図18、図19におけるパネル310L(r)、310R(r)、310

L (g)、310R (g)、310L (b)、310R (b) に形成された画像が投影されて結像する。

図21は、2つの2次元発光型の光電素子（反射型液晶素子）からの合成画像を、左右の眼に投影する光学系の例を示す図である。401は  
5 光源装置であり、例えば図18の白色発光ダイオード302、偏光ビームスプリッタ303が内蔵されており、P偏光とS偏光に分離された光が、2つのロッド402に、それぞれ入射する。一方の光学系と他方の光学系についてはほぼ同じであるので、以後の説明においては、同じ構成部品については同じ符号を付して、一方の光路（光源装置401から  
10 上方に進むもの）についてのみ説明し、左右の眼で異なる部分についてはその都度説明を加える。

ロッド402を出た光は、偏向プリズム403で偏向され、ロッド404を通った後、2つの偏向プリズム405、406で光束の進行方向が逆転され、ロッド407を通った後、偏向プリズム409で偏向され  
15 て、偏光ビームスプリッタ410で反射されて、画像形成部411に入射する。画像形成部411は、例えば図18の308L、309L、310L (r)、310L (g)、310L (r) のような光学素子からなり、入射した光を、反射型液晶素子のパターンに応じて反射する。反射された光は、偏光ビームスプリッタ410を透過し、ズーム光学系41  
20 2により適当な倍率とされる。

一方、他方の光路にあるズーム光学系412を出た光は偏向プリズム413で光路を折り曲げられる。一方の光路にあるズーム光学系を出た光は直進して、共にハーフプリズム414に入射して、他方の光路を進んできた光束と合成され、合成された光束のうち左眼用のものは、偏向  
25 プリズム415、光路長調整機構416を通してスクリーン417に投影され、接眼光学系418を通して左眼に投影される。一方、合成され

た光束のうち左眼用のものは、偏向プリズム 419、420 を介してスクリーン 417 に投影され、接眼光学系 418 を通して左眼に投影される。

5       ズーム光学系 412 からスクリーン 417 に至る光学系は、図 13C、  
図 13D に示した光学系と比較すると、偏向プリズムの位置が異なり、  
透過型液晶素子の代わりに反射型液晶素子が使用され、その結像面がズ  
ーム光学系 412 の物面となっている点異なる。しかし、その他は、  
図 13C、図 13D に示したものと本質的に同じであり、かつ、接眼光学  
系は、図 1A 等において説明したものと同一であるので、その説明を  
10       省略する。

      なお、ズーム光学系 412 における可変倍率比は、それほど大きくし  
ないようにすることが好ましい。すなわち、ズーム光学系においては、  
最大倍率と最小倍率の両方で収差を抑える必要があり、可変倍率比が大  
きいと、そのために開口数 (NA) を小さくする必要がある。開口数が  
15       小さくなると、スクリーン 417 に投影したときに、スクリーンの粗さ  
が目立つようになる。開口数を大きくするとスクリーンの粗さが目立た  
なくなるので、ズーム光学系 412 における可変倍率比を小さくして、  
その分開口数を大きくすることが望ましい。これは、今まで述べたすべ  
ての光学系におけるズーム光学系について共通する事項である。

20       図 22 は、左右の眼用にそれぞれ設けられた 2 次元発光型の光電素子  
(反射型液晶素子) から左右の眼に画像を投影するための光学系の概要  
を示す図であり、図 20 に示したズーム光学系、接眼光学系に対応する  
光学系を有するものである。図 22 において、図 21 に示された構成要  
素と同じ構成要素には、同じ符号を付してその説明を省略する。この例  
25       においては、左右の画像形成部 411 により形成された画像は、別々  
に対応する左右の眼に投影される。光路長調整機構 416 が左右の眼用の

両方に設けられていること、偏向プリズム 4 2 1 が設けられていること、ハーフプリズム 4 1 4 による画像の合成がないこと以外は、図 2 1 に示す光学系に類似であり、特に詳しい説明を要しないであろう。

図 2 1 や図 2 2 に示すような光路折り曲げ、折り返し光学系を使用することにより、装置全体をコンパクトに形成できる。

以上説明したように、本発明によれば、人間が見る視界に近い、大きな視界角度を有する高解像、高輝度、良質の動画を提供することが可能となる。本発明による効果の大半は発明の形態を説明する際に行っているため、ここでは更なる効果を説明する。まず接眼光学系についてであるが、コーニック定数  $k$  を  $k < 0$  にすること、即ち双曲面、放物線もしくは楕円面を有する凸レンズを瞳位置（水晶体）近傍に配置し、貼り合せレンズをスクリーン近傍に配置する構造としているので、 $\pm 22.5^\circ$  以上の広視野角画像でも色収差を含む諸収差を大幅に改善した高画質画像を提供することができている。ここではコーニック定数  $k$  を  $k < 0$  にした場合、双曲面、放物線もしくは楕円面のように考えられるが、一般に非球面は回転対称 2 次曲面であり、その曲面  $Z(r)$  を回転対称 2 次曲面として、 $c$  : 曲率、 $r^2 = x^2 + y^2$ 、 $A, B, C, D, E, F, G, H, J$  を非球面係数（偶数次）として、

$$Z(r) = \frac{c \cdot r^2}{\{1 + \sqrt{1 - (1+k) \cdot c^2 \cdot r^2}\}} + A \cdot r^4 + B \cdot r^6 + C \cdot r^8 + D \cdot r^{10} + E \cdot r^{12} + F \cdot r^{14} + G \cdot r^{16} + H \cdot r^{18} + J \cdot r^{20}$$

で表し、 $k$  はコーニック定数として、 $k < 0$  である任意の定数  $A, B, C, D, E, F, G, H, J$  を組み込んだレンズ面も考えられる。本発明ではこれらの式を使用した回転対称 2 次曲面も含めたものを指している。

また、上記組み合わせは眼が視界を広げるためにキョロキョロする動

作時にも十分であり且つ鮮明な画像を提供することが可能となる。これは、人間の眼が一つの動作を連続的に行うことで、眼の機能が次第に追従できなくなって「疲れ」を覚えることに対する回避の上で重要な動作であり、その「キョロキョロ」の回避動作時に視界を提供する本発明の  
5 実施の形態は、「疲れ」を感じさせないためには重要な役割を担うことになる。

次にズーム機構であるが、これはV E酔いを改善するのにも一役買っている。通常のコンテンツは広視野画像で出力されることを想定していないので、画像を取り込むビデオカメラを固定位置に設置せず、画像効果のために、色々な方向に向けながら映像をとるか、ズームを乱用する  
10 ことが多い。通常の10～50インチテレビ画像相当のディスプレイならば全く問題ないが、本発明による60°以上（100インチ相当）の画面では『自己運動知覚：「自分が動いているような錯覚」を生じ、平衡の感覚に影響する。広範囲の視野に情報を与える動きのある映像は平衡  
15 感覚に影響し、映像による視覚情報と体性感覚情報のミスマッチにより不快・酔いを生じることがある。』症状を引き起こす可能性がある。しかし、固定されたカメラによる風景や遠方の60°以上（100インチ相当）の無限遠広視野画像は、実際に近い画像であり、臨場感あふれ、視差無く自然な立体感も得られるので、リラクゼーションや目の疲労回復  
20 に大きな効果がある。

よって画像表示装置としては、コンテンツの解像度のみでなく、どのような内容の画像かによっても、ズーム機構を用いて調整することで、快適な画像情報を得ることができる。そのため、ズーム機構としては自己運動知覚が発生する可能性の高い60°以上（100インチ相当）の  
25 無限遠広視野画像から自己運動知覚が発生し難い30°以下（50インチ相当）の画像まで約2倍以上のズーム機構を有していることが望まし

い。

また、現状存在するDVD、ビデオ、BS画像等のコンテンツは画角  
が決まっており、広い視界ではなく、その画質に応じた画面の大きさが  
望ましい。すなわち、むやみに画角を拡大すると、画素の荒さが目で確  
5 認できてしまい、大画面が得られるメリットよりも、画質の悪さが気にな  
ってしまうデメリットの方が大きくなる。よって、本実施の形態にお  
いては、それらのコンテンツに対する最適な画角にズーム機構を用いて  
設定し高画質を常に得られるようにしている。画像のドットサイズを考  
慮すると、視野角で $\pm 18^{\circ} \sim \pm 60^{\circ}$ 程度の約4～5倍のズーム機構  
10 があることが望ましい。

更に、本発明の実施の形態では、上記の表示装置を左右眼球に対し、  
少なくとも一方に配置する構造や、前記表示装置を、左右眼球に対し別々  
に配置し、眼球の間隔に応じて位置を調整可能とするような、あらゆる  
構造を提供することが可能なので、用途に合わせた幅広い活用方法が考  
15 えられる。これは前述の眼幅に合わせた光学系シフト、ズーム機構だけ  
でなく、スクリーンと人間の目の間にある接眼光学系の一部若しくは全  
体をフォーカス方向に両接眼系別々に移動できる構成を取ることで、近  
視、遠視、乱視の方全てにメガネやコンタクトを付けること無く良好な  
無限遠像を見てもらうことが可能となる。更に、スクリーンと接眼光学  
20 系間の相対距離を近づけることで、画像内容に合わせた近い物体を見る  
ような条件にもすることができるので、より一層の臨場感を得ることが  
できる。この場合、スクリーンGには、光軸方向に駆動力を与える駆動  
機構が設けてあればよく、更にズーム光学系は、液晶表示素子からスク  
リーンGに投影する距離の変化に応じて、焦点位置を可変させるピント  
25 合わせ機構を具備していればよい。

更に、前記光電素子は光束方向に直交した2次元発光型の液晶表示素

子を導入しており、細かい分解能、低消費電力でより本当の視界に近い画像情報を提供することができる。発光部分については高輝度LED若しくは冷陰極管を使用しており、低消費電力、寿命、大きさの面で大きな効果を生む。更に、光ファイバーを用いることで少ないスペースで輝度の高い均一照明を実現できているが、元々赤色・緑色・青色の光源には照度の違いや指向角度の違い等があり、これらを同じ条件の照度に整えるためにも、光ファイバーを使用する効果は大きい。

但し、ここで2次元発光型の液晶表示装置から出力される光量が決まってしまった場合、ズーム光学系及びハーフミラーによる2つの画面合成にて倍率の違いによる照度の差が発生してしまう可能性がある。そこで本発明としては、上述の光源に与える電流値を、画面合成時の倍率の差に応じて可変とすることで、前記高輝度LED若しくは冷陰極管自体の照度を倍率可変に応じて制御し、合成画像の照度に大きな差異が発生しないようにしている。但し、電流可変による照度可変は熱分布の変化になり、発光波長自体が変化し、色のバランスが取れなくなる可能性もある。そこで、光源に与える電流値を可変にするのではなく、合成するそれぞれの画像の光源を十分明るくし、それぞれの画像の照度の調整は、ズーム光学系の瞳面近傍に開口絞りSTOを設置し、倍率可変に応じて光量を可変するように制御している。また、光量に余裕がある場合は偏光板を2枚組み合わせて、その回転角度を変えることで倍率可変に応じて制御しても良いが、3色ビームスプリッター162では各色毎に偏光特性を持つので、 $\lambda/4$ 板等を用いて偏光特性を無くしておくのが望ましい。

更に、本発明では上記構成により、図23の全視野角度ディスプレイ装置118自体で大きな電力を食うことが無い。そこで外部情報を取り込む、BS・110度CSアンテナ入出力端子、電話回線端子、VHF

／UHFアンテナ入出力端子、音声入出力端子、画像入出力端子、S画像入出力端子、D（D1／D2／D3／D4）映像入出力端子、光デジタル音声出力端子、i．LINK端子、アナログRGB入出力端子、DC入力端子の付いた接続系を全て全視野角度ディスプレイ装置118自体と切り離し、画像合成・変換装置121に設置している。そして、DVD、テレビ、コンピュータ等の外部情報からの前記端子による入力データを全て赤外線データに変換し、赤外線発信部から前記全視野角度ディスプレイ装置118の赤外線受光部で受け、画像及び音声データに変換後にディスプレイ上に画像情報を提供する構成としている。また、全視野角度ディスプレイ装置118への供給電力はバッテリーを組み込み、未使用時に振動防止型関節棒116を介して充電する構成にすることで、全視野角度ディスプレイ装置118には有線部分がなくなる。よって、本体より取り外し、全視野角度ディスプレイ装置支持機構170を複数設置してある任意の位置に自由に持ち運びできる構成にすることもできる。

以上のように本発明では高画質の広域像を画像情報として取り込むことが可能であり、これを利用して色々な組み合わせを考えることで、ウェアラブルディスプレイやウェアラブルコンピュータを越えた、本格的な情報入出力装置を提供することが可能となる。更に、同広域像画像を有効に利用する、新しい感覚のゲームソフトや広域像DVD、広域像ビデオテープの販売、更には、バーチャルリアリティの本格的システム提供が可能となる。

本発明は、メガネ型ディスプレイ保持方法、頭部保持型ディスプレイ保持方法は勿論、映画館や飛行機の椅子、リラクゼーション用椅子、寝たきり老人看護用ベット等に直接設置することで、重量や装着による不快感を開放した機構として提供することも可能となる。特に、動きの制



限を受けている病人や寝たきり老人への臨場感溢れる画像の提供は、大きなリラクゼーション効果があり、病氣回復の活力や、生きる活力を与えられると言う点でもその市場性は大きい。

以上の内容を整理すると、本発明を利用する場合、それぞれ次のよう

5    な市場性が期待できる。

重量、疲労感を感じさせない大画面パソコン、C A D・映画館、プロジェクターに替わる大画面ディスプレイ・臨場感溢れる3D大画面画像の提供・前記ビデオ機構からの画像をインターネット受信・寝たきり老人、病人への臨場感ある画像の提供・リラクゼーション画像表示ディスプレイ・新しい感覚のTVゲーム画像の提供・狭い空間での大画面画像の提供・機密性が高い情報の個人向け表示システム・バーチャルリアリティディスプレイ・遠隔操作が可能な大画面ディスプレイ・広い画面でのデジタル新聞受信システム・飛行機等の1 s tクラスでのリラクゼーションサービス・視力の悪くならない教育教材・アミューズメント施設

10

15    での新たなディスプレイゲーム等が考えられる。

## 請 求 の 範 囲

1. 光束放出方向に直交した2次元発光型の第1光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第1、第2光拡散体像の中心間距離は $5.5 \sim 7.5$  cm内であり、前記第1、第2の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から1枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも2枚のレンズで構成され、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面がコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であり、かつ、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は前記光拡散体側に凸面とされ、かつ、前記貼り合せレンズの色分散は前記光拡散体側のレンズの方が大きくされていることを特徴とする画像表示装置。
2. 光束放出方向に直交した2次元発光型の第1光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第1、第2光拡散体像の中心間距離は $5.5 \sim 7.5$  cm内であり、前記第1、第2の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から1枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも2枚のレンズで構成され、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面がコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であり、かつ、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は前記光拡散体側に凹面とされ、かつ、前記貼り合せレンズの色分散は前記光拡散体側のレンズの方が小さくされていることを特徴とする画像表示装置。

3. 光束放出方向に直交した2次元発光型の第1光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第1、第2光拡散体像の中心間距離は5.5～7.5cm内であり、前記第1、第2の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から1枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも2枚のレンズで構成され、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面がコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であり、かつ、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は少なくとも2箇所あり、前記光拡散体に近い貼り合せ面が、前記光拡散体側に凹面とされ、もう一方の貼り合せ面は、前記光拡散体側に凸面とされ、前記貼り合せ部真ん中のレンズの色分散は、両サイドのレンズの色分散よりも大きくされていることを特徴とする画像表示装置。
4. 光束放出方向に直交した2次元発光型の第1光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第1、第2光拡散体像の中心間距離は5.5～7.5cm内であり、前記第1、第2の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から1枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも2枚のレンズで構成され、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面がコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であり、かつ、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は少なくとも2箇所あり、前記光拡散体に近い貼り合せ面が、前記光拡散体側に凸面とされ、もう一方の貼り合せ面は、前記光拡散体側に凹面とされ、前記貼り合せ

部真ん中のレンズの色分散は両サイドのレンズの色分散より小さくされていることを特徴とする画像表示装置。

5. 前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面がコーニック定数 $K < -1$ のコーニック面であることを特徴とする請求の範囲第1項から第4項のうちいずれか1項に記載の画像表示装置。

6. 光束放出方向に直交した2次元発光型の第1光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第1、第2光拡散体像の中心間距離は5.5～7.5 cm内であり、前記第1、第2の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から1枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも2枚のレンズで構成され、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は前記光拡散体側に凸面とされ、かつ、前記貼り合せレンズの色分散は前記光拡散体側のレンズの方が大きくされ、さらに、前記光拡散体は前記貼り合せレンズ方向に凹面形状の曲面とされていることを特徴とする画像表示装置。

7. 光束放出方向に直交した2次元発光型の第1光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第1、第2光拡散体像の中心間距離は5.5～7.5 cm内であり、前記第1、第2の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から1枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも2枚のレンズで構成され、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は前記光拡散体側に凹面とされ、かつ、前記貼り合

せレンズの色分散は前記光拡散体側のレンズの方が小さくされ、さらに、前記拡散体は前記貼り合せレンズ方向に凹面形状の曲面とされていることを特徴とした画像表示装置。

5 8. 前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面がコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であることを特徴とする請求の範囲第6項又は第7項に記載の画像表示装置。

9. 前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面がコーニック定数 $K < -1$ のコーニック面であることを特徴とする請求の範囲第8項に記載の画像表示装置。

10 10. 前記第1、第2の接眼光学系の光学的中心及び前記第1、第2の光拡散体への投影画像中心の間隔が、眼幅と等しくなるように、これら2個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔が調整可能とされていることを特徴とする請求の範囲第1項から第4項、第6項、第7項のうちいずれか1項に記載の画像表示装置。

15 11. 前記リレー光学系が、前記第1光電素子の前記拡散体への投影倍率を可変とするものであり、前記光拡散体へ入射する各光束の主光線は、は拡大からび縮小の段階で、拡散の方向から収束の方向へ変化する非テレセントリックであり、かつ、前記拡散体から放出され、前記眼球の瞳まで達する主光線は、前記拡散体から放出されるときに収束方向に  
20 傾いていることを特徴とする請求の範囲第1項から第4項、第6項、第7項のうちいずれか1項に記載の画像表示装置。

12. 前記光を拡散する光拡散体が、金属酸化物や金属炭化物のミクロングレードで精密に粒径が管理された砥粒を透過板上にコーティングした透過型拡散板であることを特徴とする請求の範囲第1項から第4項、  
25 第6項、第7項のうちいずれか1項に記載の画像表示装置。

13. 前記砥粒が、シリコンカーバイド、酸化クロム、酸化スズ、酸

化チタン、酸化マグネシウム、酸化アルミニウムのうちの少なくとも一つであり、前記透過板はポリエステルフィルムであることを特徴とする請求の範囲第 1 2 項に記載の画像表示装置。

- 1 4. 前記第 1 光電素子と光束が直交するように設置された 2 次元発  
5 光型の第 2 光電素子を有すると共に、前記第 1 光電素子から放出された  
光を前記光拡散体へ投影する前記リレー光学系の中に、前記第 1、第 2  
の光拡散体に光束を分割して導く光分割器を有し、前記光分割器には、  
前記第 2 光電素子からの光束が、前記第 1 光電素子から放出された光  
束と直交して入射するようにされ、かつ、前記光分割器は、前記第 1 光  
10 電素子、前記第 2 光電素子からの光を分割すると共に、分割された前記  
第 1 光電素子と前記第 2 光電素子の光束を合成して、それぞれ、前記第  
1、第 2 の光拡散体に導く機能を有することを特徴とする請求の範囲第  
1 項から第 4 項、第 6 項、第 7 項のうちいずれか 1 項に記載の画像表示  
装置。
- 15 1 5. 前記第 1 光学素子から射出された光束が、ミラーで反射されて  
使用者の眼に至るまでのミラーの反射回数と、前記第 2 光学素子から射  
出された光束が、ミラーで反射されて使用者の眼球に至るまでのミラー  
の反射回数との差が、0 又は偶数であることを特徴とする請求の範囲第  
1 4 項に記載の画像表示装置。
- 20 1 6. 前記第 1 光電素子から射出された光束が、ミラーで反射されて  
使用者の右眼に至るまでのミラーの反射回数と、ミラーで反射されて使  
用者の左眼に至るまでのミラーの反射回数との差が、0 又は偶数であり、  
かつ、前記第 2 光電素子から射出された光束が、ミラーで反射されて使  
用者の右眼に至るまでのミラーの反射回数と、ミラーで反射されて使用  
25 者の左眼に至るまでのミラーの反射回数との差が、0 又は偶数であるこ  
とを特徴とする請求の範囲第 1 4 項に記載の画像表示装置。

1 7. 前記第 1、第 2 の接眼光学系の光学的中心及び前記第 1、第 2 の光拡散体への投影画像中心の間隔が、眼幅と等しくなるように、これら 2 個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔が調整可能とされ、かつ、これら 2 個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔を調整した場合に、前記第 1 光電素子から使用者の眼に至る光学距離、及び前記第 1 光電素子から使用者の眼に至る光学距離が、それぞれ変化しないように調整する、光学距離調整機構が設けられていることを特徴とする請求の範囲第 1 4 項に記載の画像表示装置。

1 8. 前記第 1 光電素子から放出された光を前記光拡散体へ投影する前記リレー光学系が、前記光拡散体に投影する光束の前記光拡散体への投影倍率を可変とするものであり、かつ、倍率を変化させた際の前記第 1 光電素子及び、前記第 2 光電素子からそれぞれ前記光拡散体に投影された画面の照度をほぼ一致させるための照度可変機構を有していることを特徴とする請求の範囲第 1 4 項に記載の画像表示装置。

1 9. 前記第 1 光電素子は透過型又は反射型の液晶デバイス素子であり、G、B、Rの色に応じた 3 枚の液晶素子と当該液晶素子を照明する照明系を有し、当該照明系はG、B、Rの発光LEDの出力を均一化する均一化光学系であることを特徴とする請求の範囲第 1 項から第 4 項、第 6 項、第 7 項のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

2 0. 前記均一化光学系は高輝度LEDをそれぞれG、B、RのLED毎に複数個有し、これら複数個のLED発光部よりの光を、光ファイバーを用いて集光し、集光した光で前記液晶素子を照明することを特徴とする請求の範囲第 1 9 項に記載の画像表示装置。

2 1. 前記第 1 光電素子は透過型又は反射型の液晶デバイス素子であり、G、B、Rの色に応じた 3 枚の液晶素子と当該液晶素子を照明する照明系を有し、当該照明系はG、B、Rの冷陰極管であることを特徴と

する請求の範囲第1項から第4項、第6項、第7項のうちいずれか1項に記載の画像表示装置。

22. 前記均一化光学系は冷陰極管をそれぞれG, B, Rの色毎に複数個有し、これら複数個の冷陰極管よりの光を、光ファイバーを用いて  
5 集光し、集光した光で前記液晶素子を照明することを特徴とする請求の範囲第21項に記載の画像表示装置。

23. 前記画像表示装置の少なくとも一部が、使用者以外の部分に支持されており、前記使用者の顔面にも接触し、前記使用者の顔面の動きに応じて移動可能とされていることを特徴とする請求の範囲第1項から  
10 第4項、第6項、第7項のうちいずれか1項に記載の画像表示装置。

24. 左右両方の眼球に対応して、少なくともそれぞれ独立した部分を有する光学系を有し、画像を前記左右のそれぞれの眼球内に投影させる画像表示装置であって、前記光学系の独立した部分は、前記眼球側から1枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合わせレンズの順で少なくとも2枚  
15 のレンズで構成され、前記凸レンズうち最も眼球側の凸レンズの眼球から遠い方の面は、コーニック定数 $K < 0$ のコーニック面とされていることを特徴とする画像表示装置。

25. 前記貼り合わせレンズは、前記光学系の独立した部分の、最も前記画像を形成する画像形成面側に設けられていることを特徴とする請求の範囲第24項に記載の画像表示装置。  
20

26. 請求の範囲第1項から第4項、第6項、第7項のうちいずれか1項に記載の第1光電素子の代わりに、2個の光束放出方向に直交した2次元発光型光電素子を有し、前記第1光電素子から放出された光を前記リレー光学系を介して左右両目に対し独立した前記第1、第2の光拡  
25 散体に投影する代わりに、前記2個の光電素子から放出された光を、それぞれ前記リレー光学系を介して左右両目に対し独立した前記第1、第



2の光拡散体に投影するようにしたことを特徴とする画像表示装置。

27. 前記第1、第2の接眼光学系の光学的中心及び前記第1、第2の光拡散体への投影画像中心の間隔が、眼幅と等しくなるように、これら2つの接眼光学系及び投影画像中心の間隔が調整可能とされ、かつ、
- 5 これら2つの接眼光学系及び投影画像中心の間隔を調整した場合に、前記2個の光電素子から使用者の眼に至る光学距離が、それぞれ変化しないように調整する、光学距離調整機構が設けられていることを特徴とする請求の範囲第26項に記載の画像表示装置。

28. 前記2個の光電素子から放出された光を前記光拡散体へ投影する前記リレー光学系が、前記光拡散体に投影する光束の前記拡散体への投影倍率を、それぞれ可変とするものであり、かつ、倍率を変化させた際の
- 10 前記2つの光電素子からそれぞれ前記拡散体に投影された画面の照度をほぼ一致させるための照度補正機構を有していることを特徴とする請求の範囲第26項に記載の画像表示装置。

29. 2個の、光束放出方向に直交した2次元発光型の光電素子から放出された光を、それぞれリレー光学系を介して左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記
- 15 2個の2次元発光型の光電素子が反射型の液晶デバイス素子であり、1個の光源と、当該光源より放出された光をP偏光とS偏光に分離する第1の偏光ビームスプリッタと、P偏光とS偏光をそれぞれ、前記2個の2次元発光型の光電素子に導いて前記2次元発光型光電素子を照明し、その反射光を前記リレー光学系に導く光学系を有し、当該光学系は、前記
- 20 P偏光、S偏光を、第2の偏光ビームスプリッタと $\lambda/4$ 板とを介して、前記2次元発光型の光電素子に導き、その反射光を前記 $\lambda/4$ 板と第2

の偏光ビームスプリッタとを介して前記リレー光学系に導くものであることを特徴とする画像表示装置。

30. 2組の、光束放出方向に直交した2次元発光型の光電素子から放出された光を、それぞれリレー光学系を介して左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記2組の2次元発光型の光電素子が、それぞれR、G、B光に対応した3個の反射型の液晶デバイス素子からなり、1個の光源と、当該光源より放出された光をP偏光とS偏光に分離する第1の偏光ビームスプリッタと、P偏光とS偏光をそれぞれ、前記2組の2次元発光型の光電素子に導いて前記2次元発光型光電素子を照明し、その反射光を前記リレー光学系に導く光学系を有し、当該光学系は、前記P偏光、S偏光を、第2の偏光ビームスプリッタと $\lambda/4$ 板と、RGB光束分割合成プリズムを介して、R、G、B光に対応した前記2次元発光型の光電素子に導き、その反射光を、前記RGB光束分割合成プリズム、前記 $\lambda/4$ 板と第2の偏光ビームスプリッタとを介して前記リレー光学系に導くものであることを特徴とする画像表示装置。

31. 前記光源が複数の白色LEDをアレイ状に複数2次元配置したものであることを特徴とする請求の範囲第29項又は第30項に記載の画像表示装置。

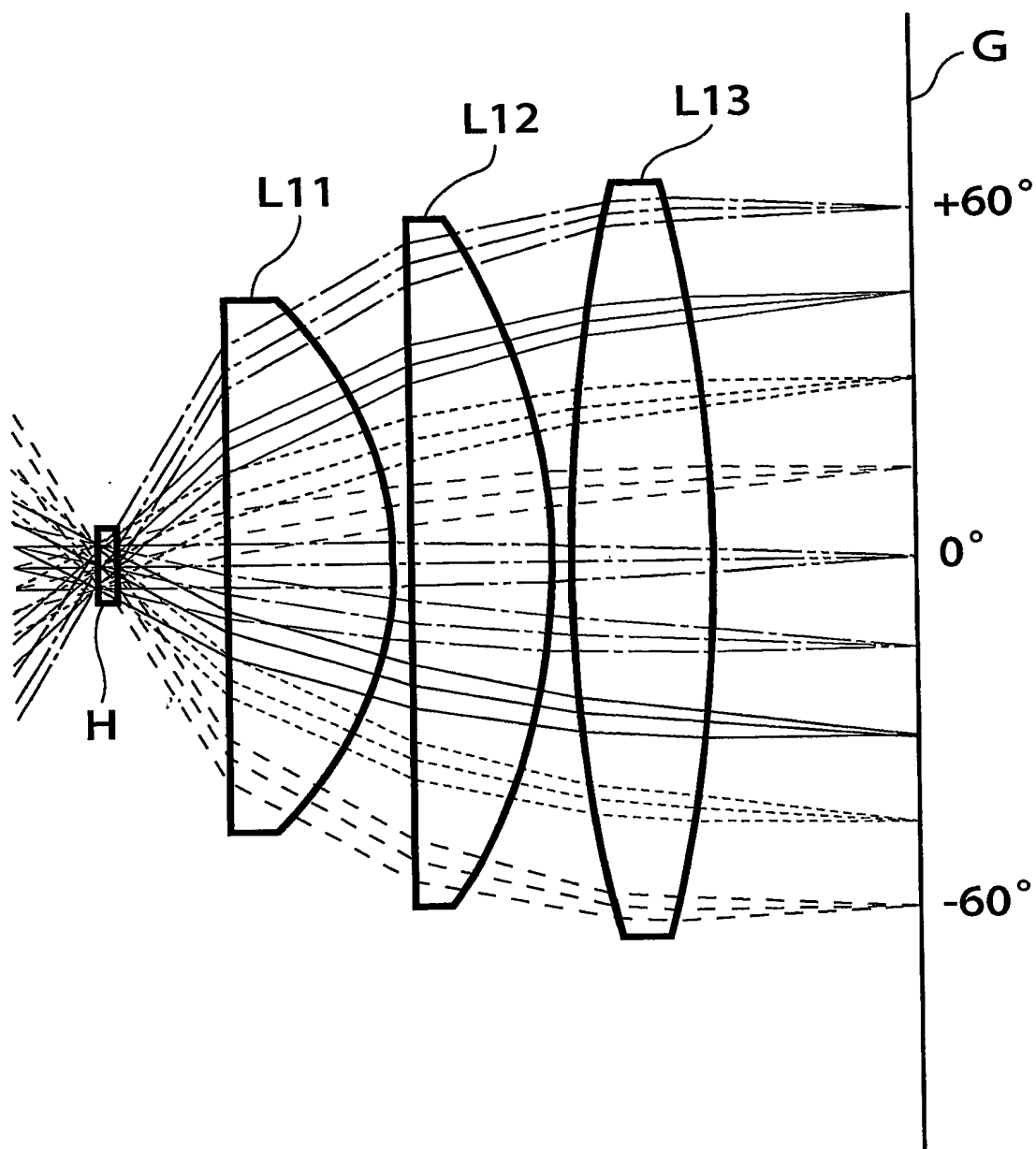
32. 前記光源が、それぞれアレイ状に複数2次元配置された、R色LED、G色LED群、B色LED群と、これらから発光される光を合成するRGB光束合成プリズムを有することを特徴とする請求の範囲第29項又は第30項に記載の画像表示装置。

33. 前記光源より放出された光を、前記2次元発光型の光電素子に

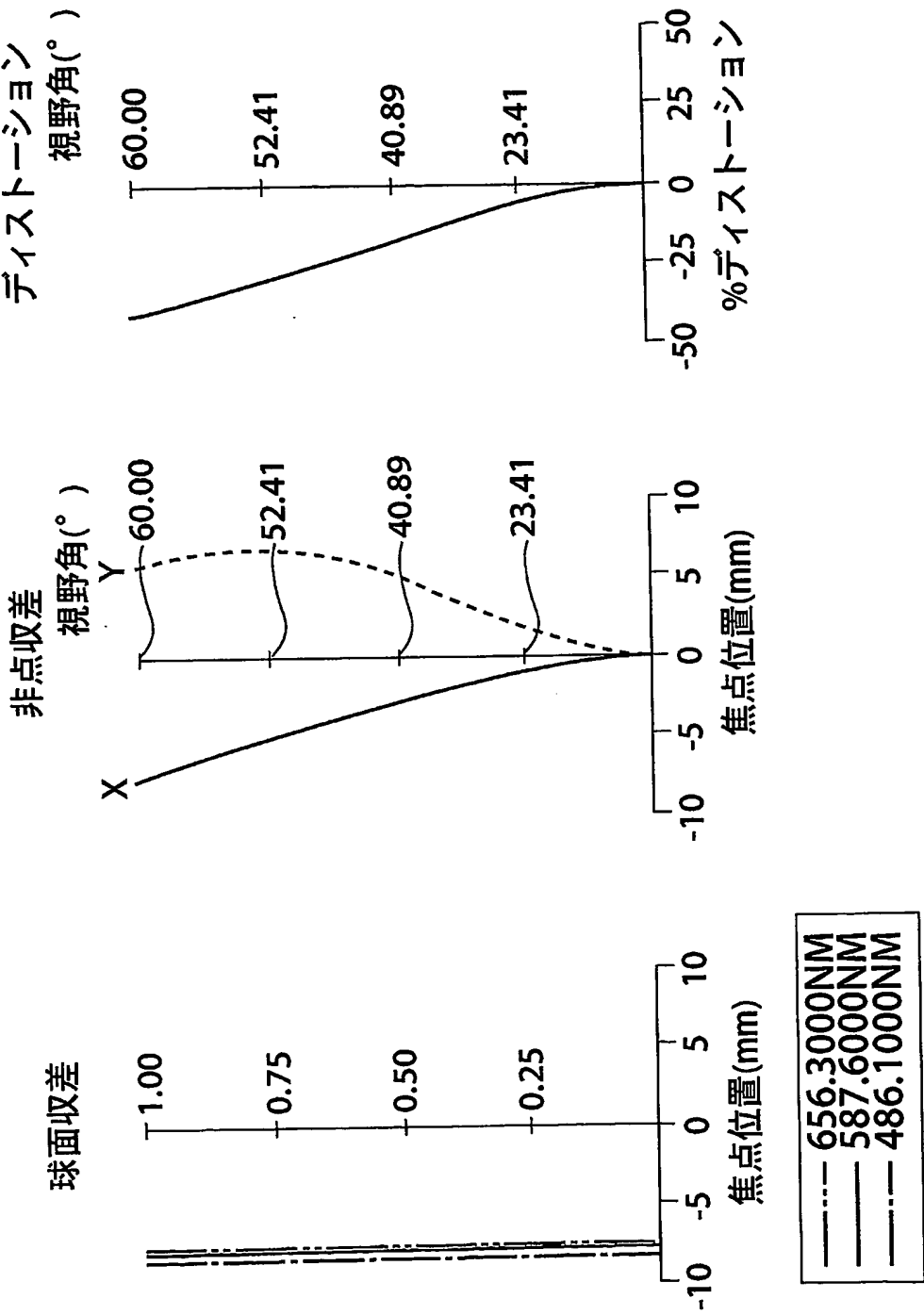
導く光学系が、照明均一化手段を有することを特徴とする請求の範囲第 29 項又は第 30 項のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

34. 前記照明均一化手段が少なくとも一つのロッドであり、前記ロッドの最終射出面と前記 2 次元発光型の光電素子の面が、ほぼ共役とされていることを特徴とする請求の範囲第 33 項に記載の画像表示装置。
- 5

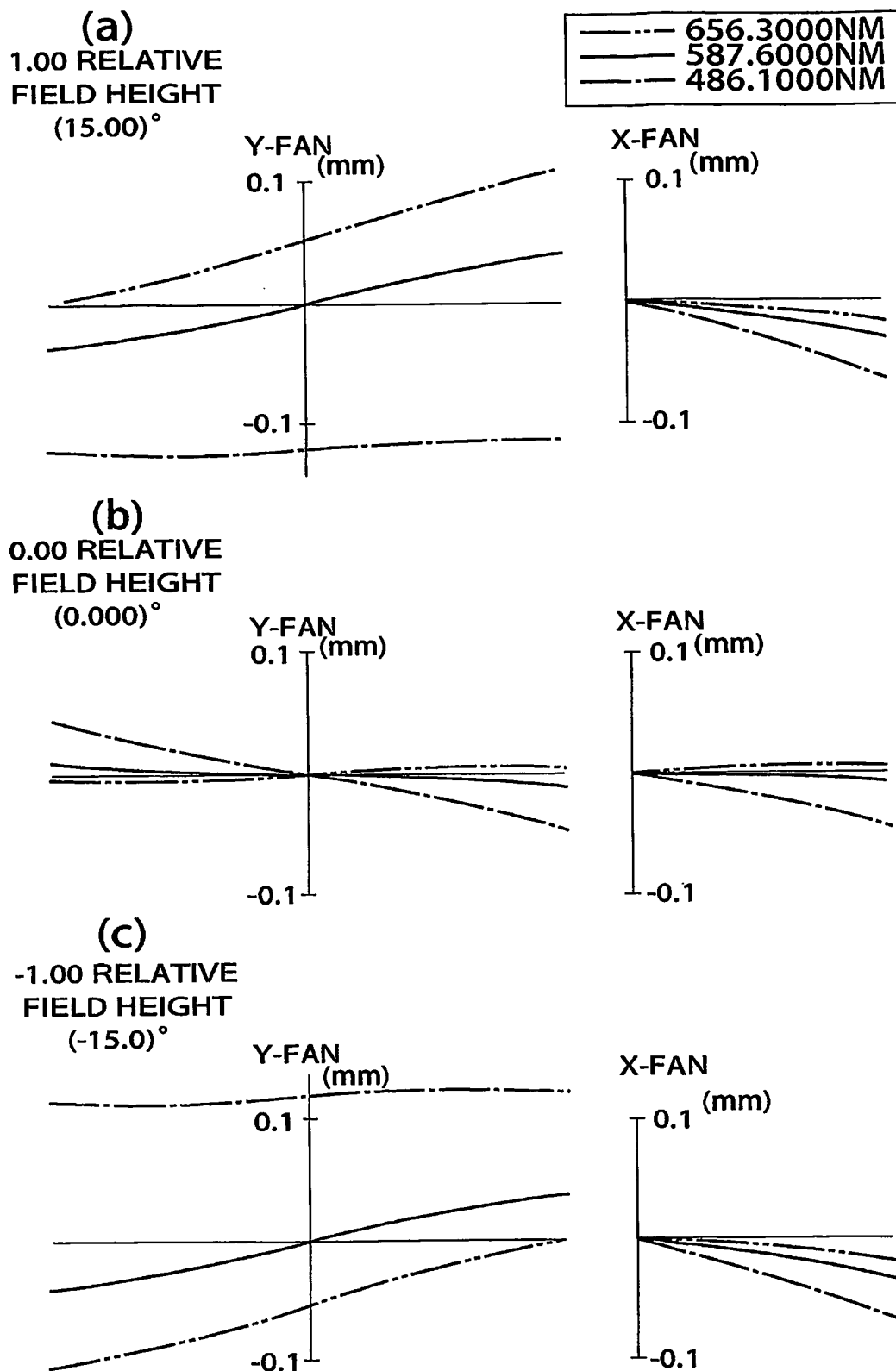
【図 1 A】



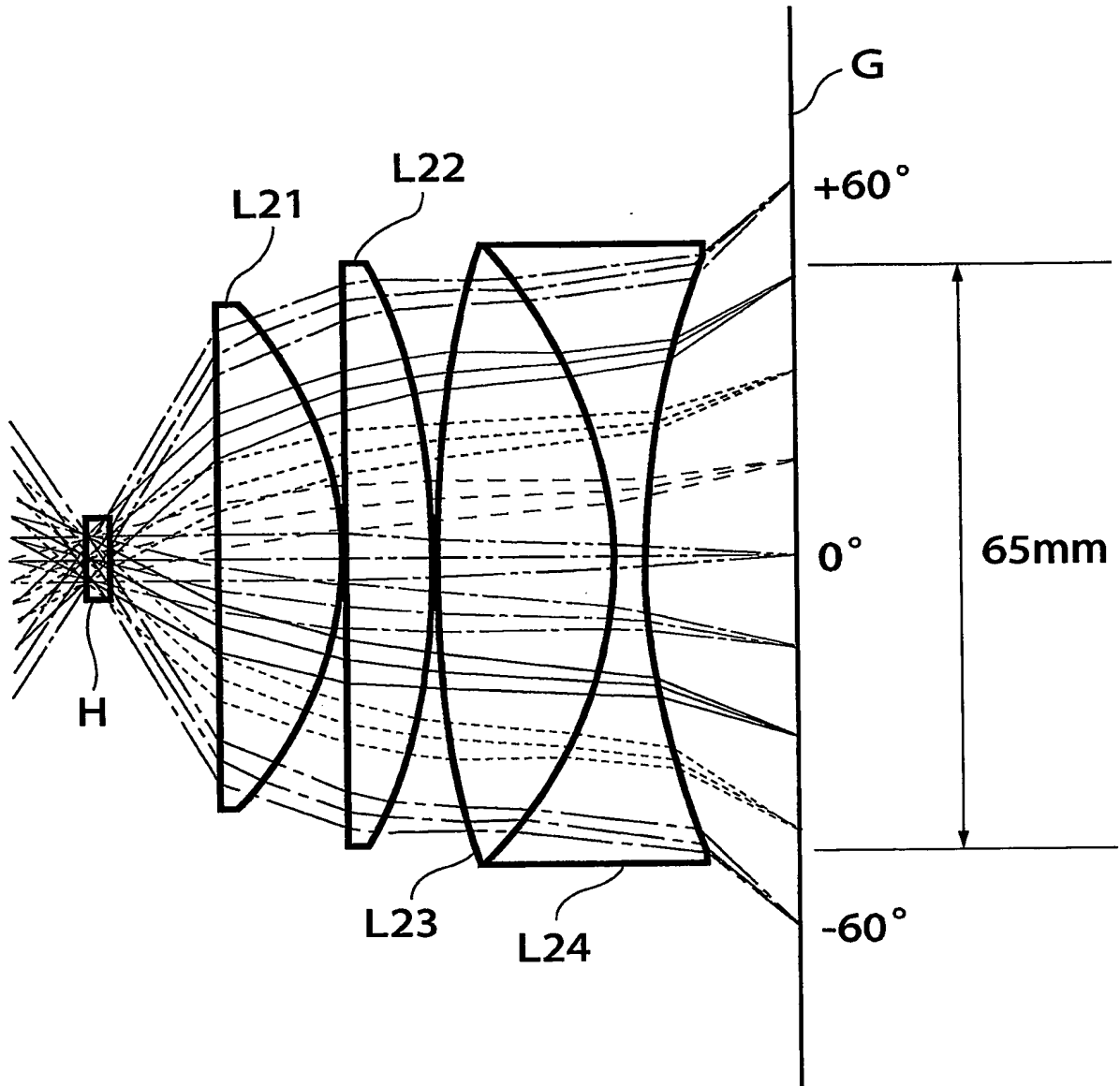
【図 1 B】



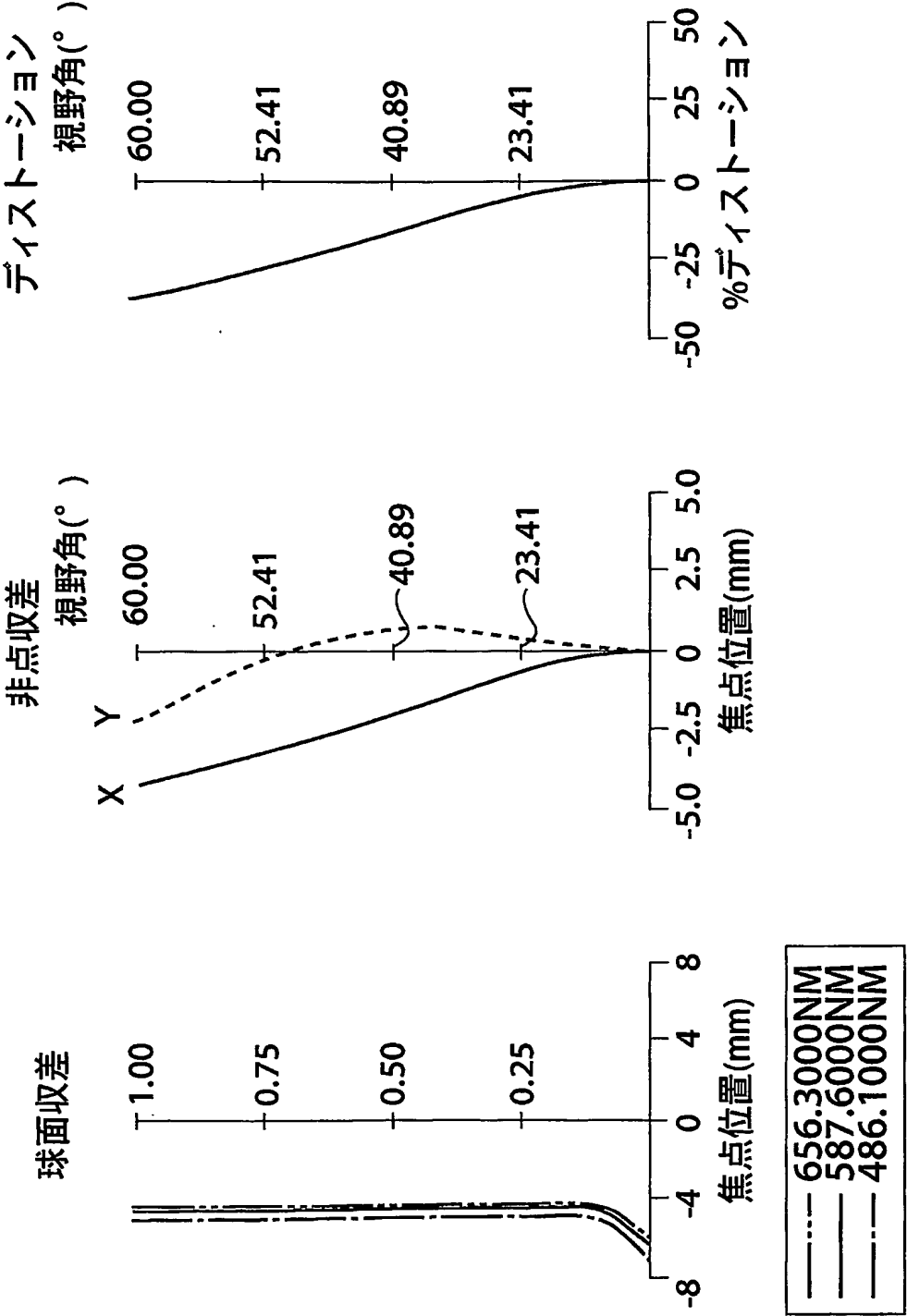
【図 1 C】



【図 2 A】

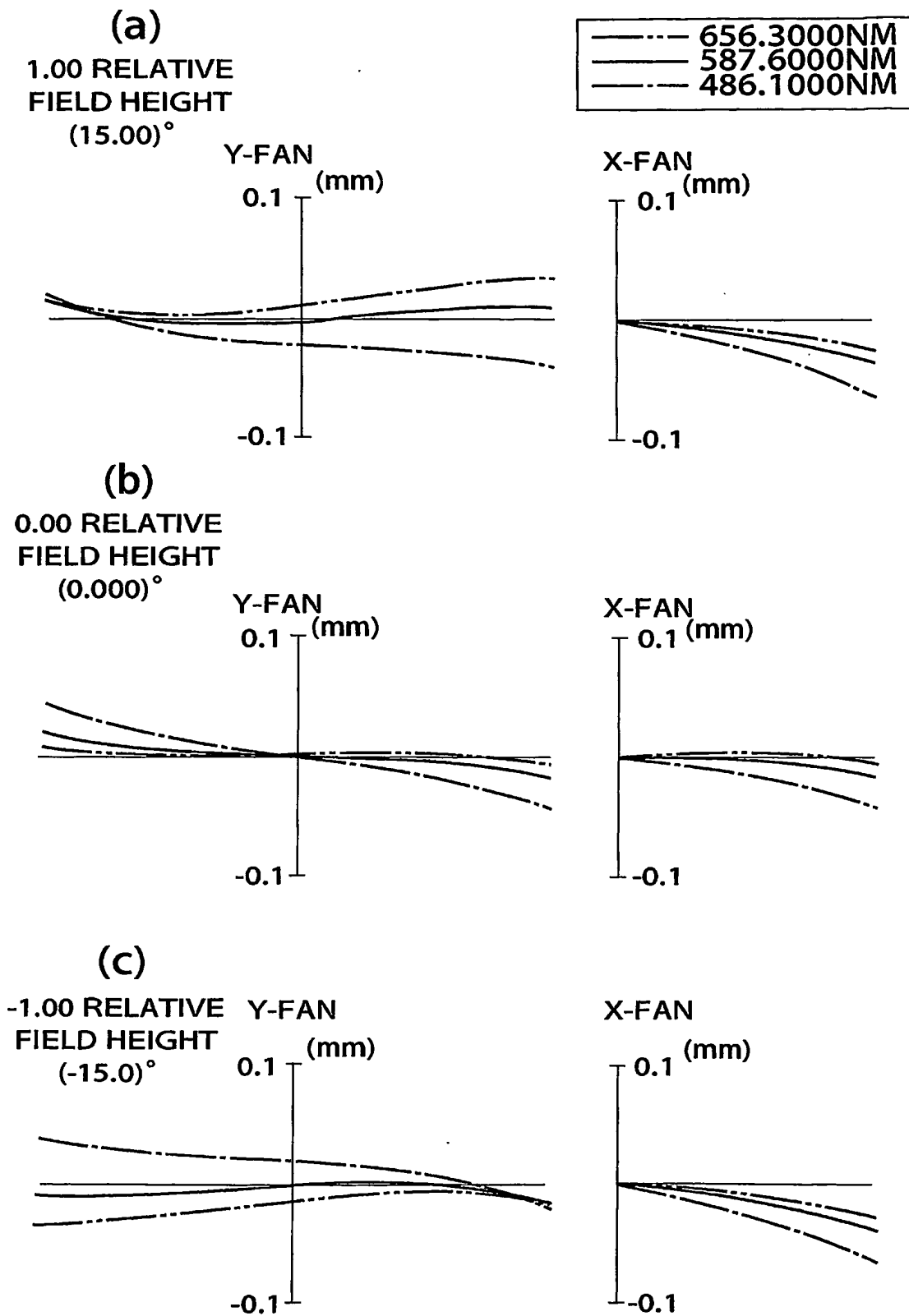


【図 2 B】

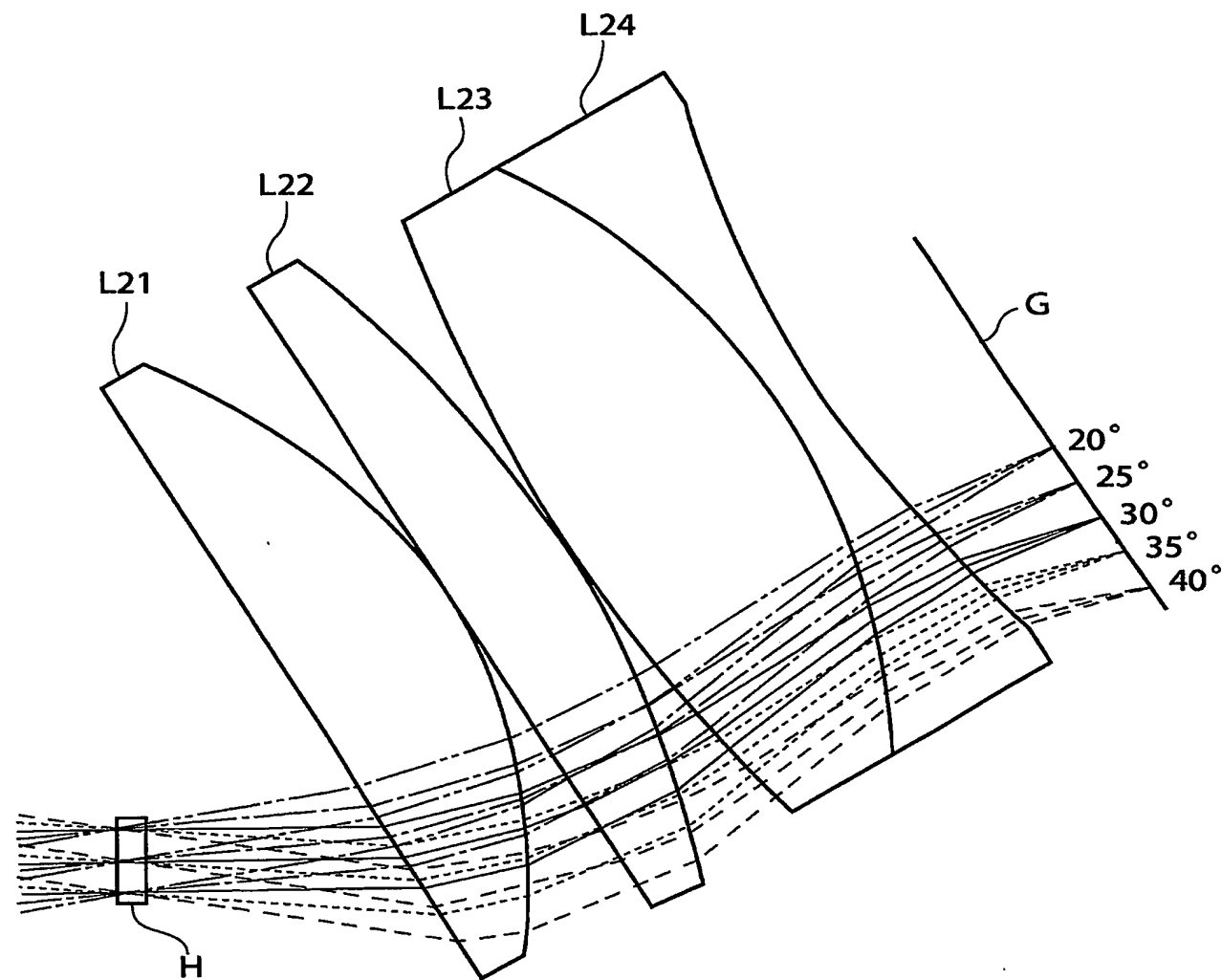




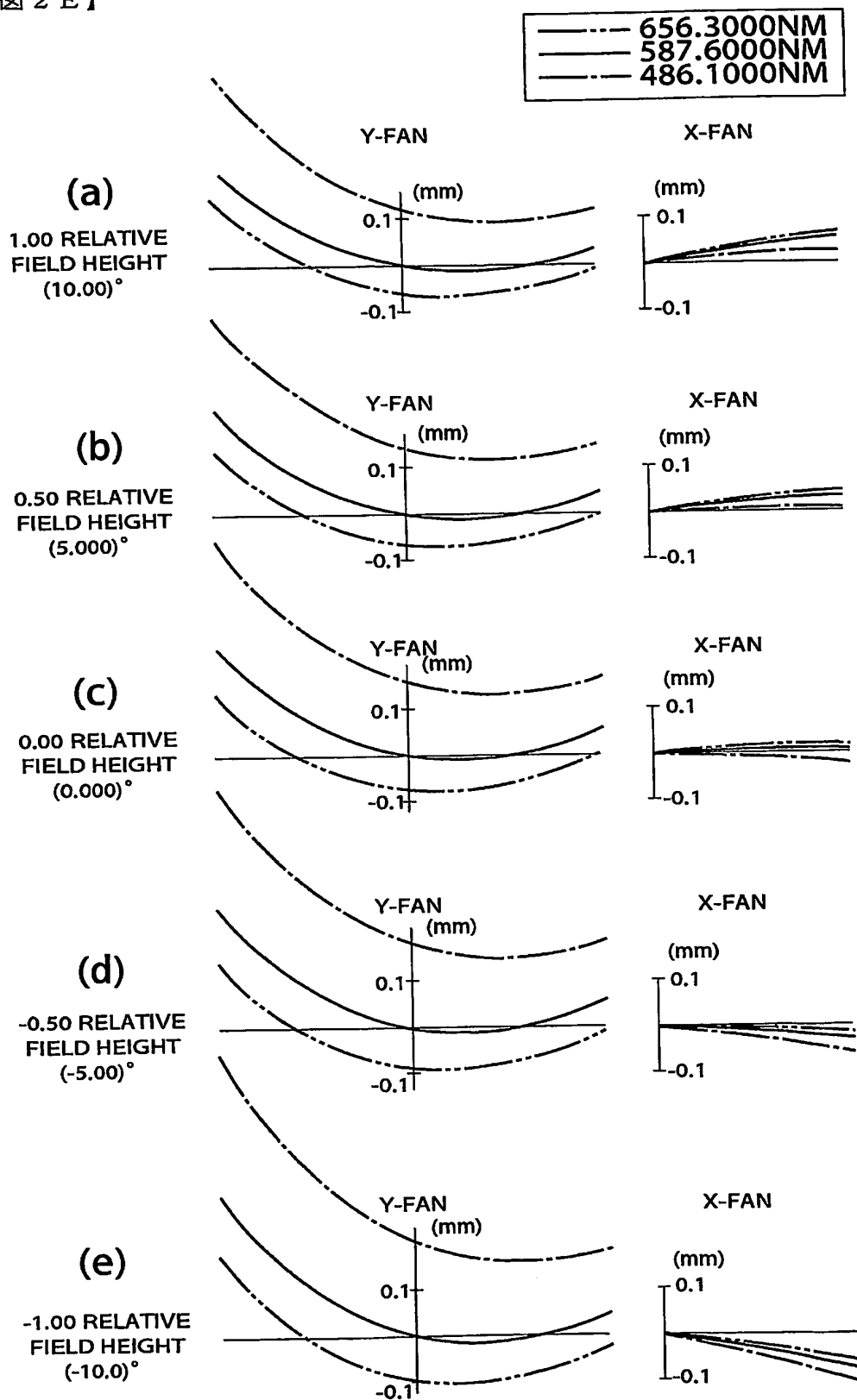
【図 2 C】



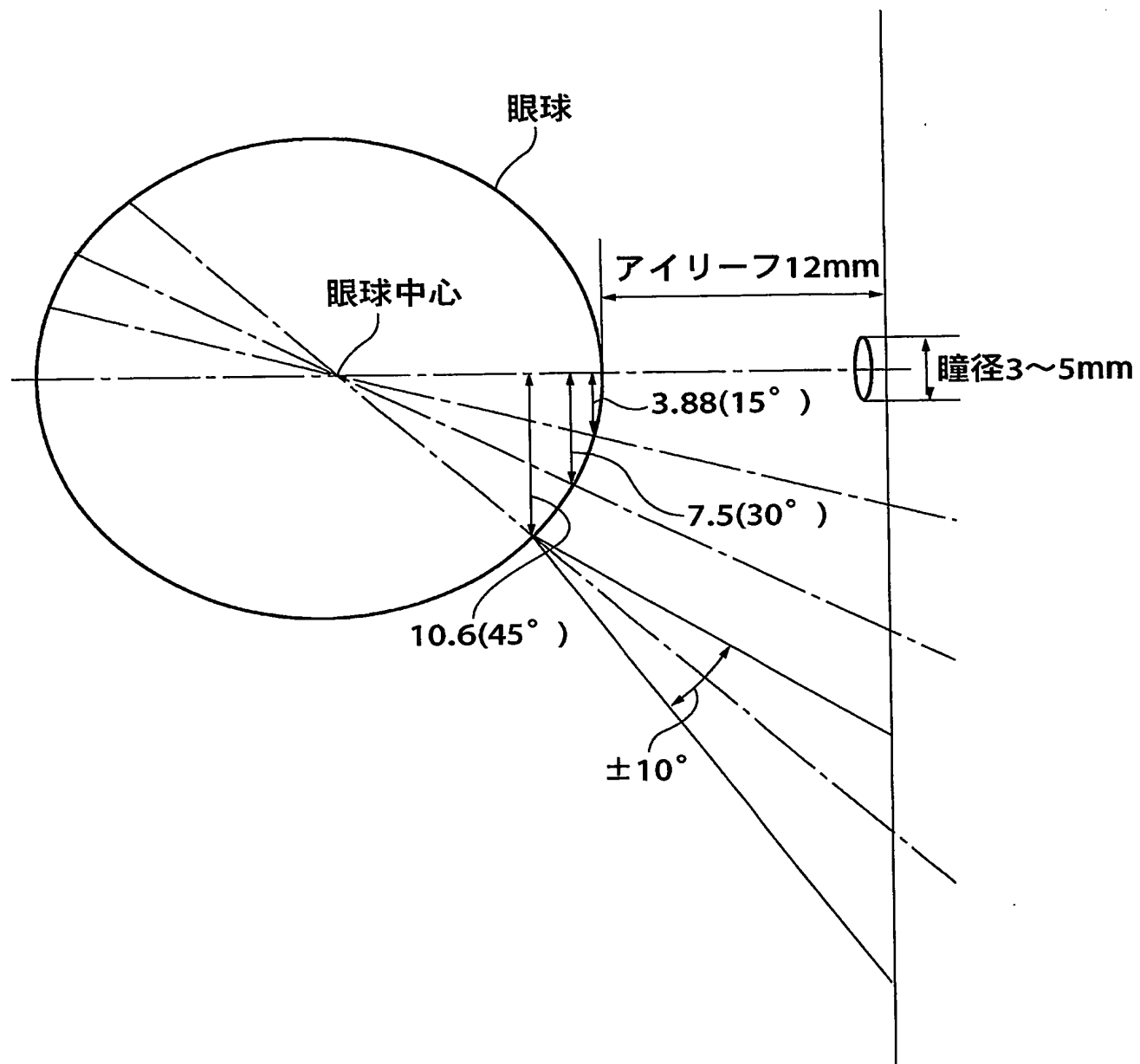
【図 2 D】



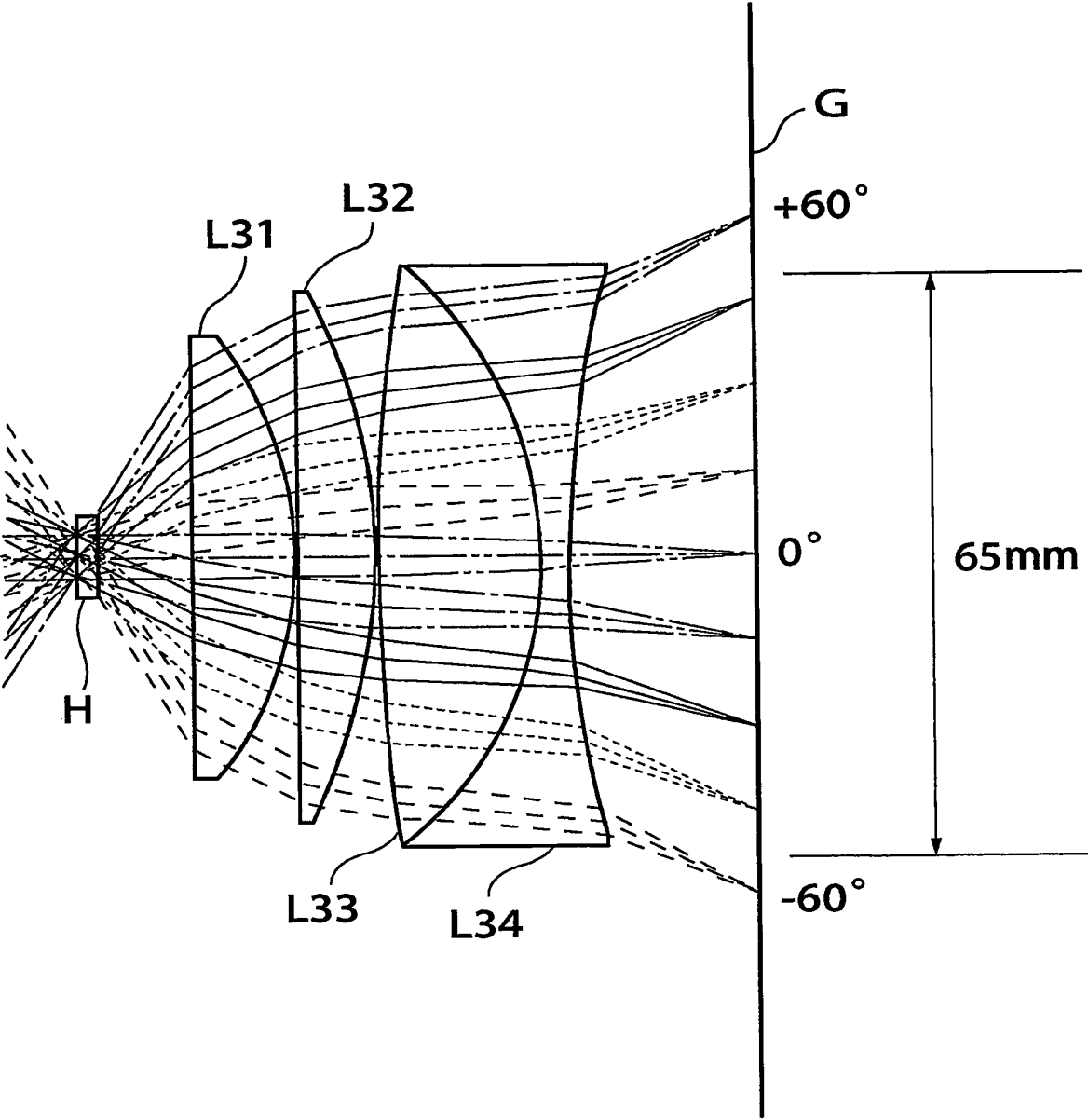
【図 2 E】



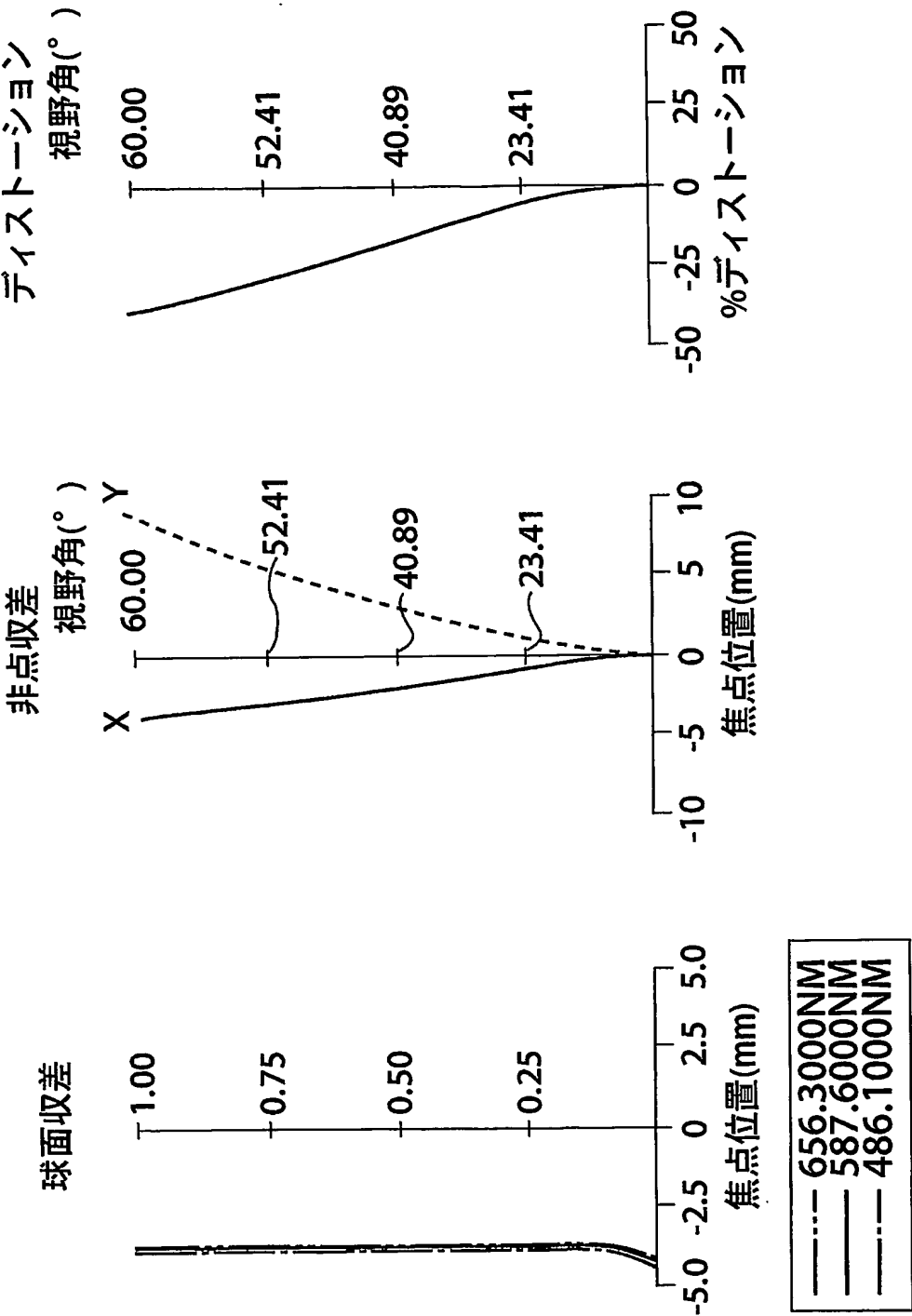
【図 3】



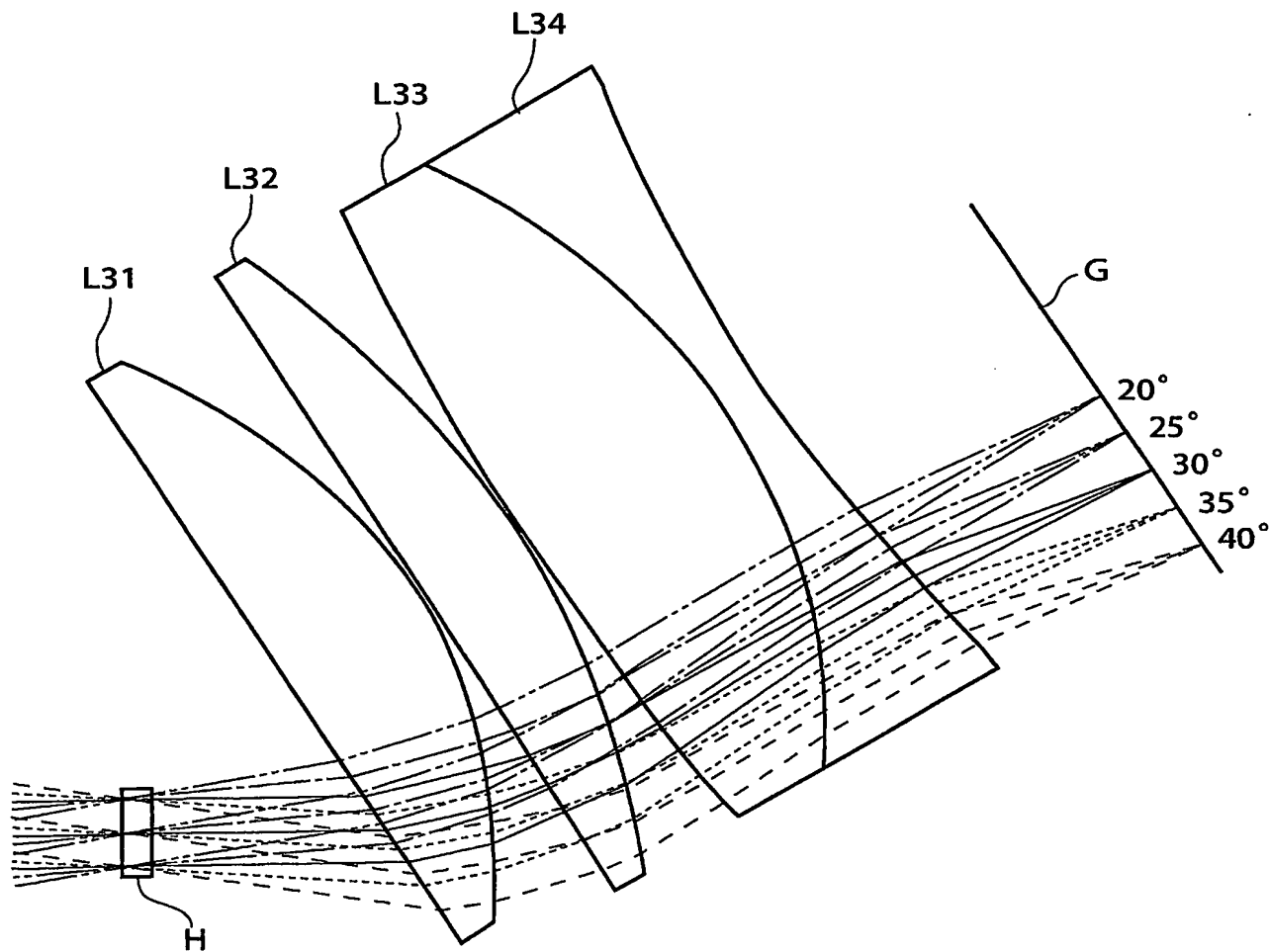
【図 4 A】



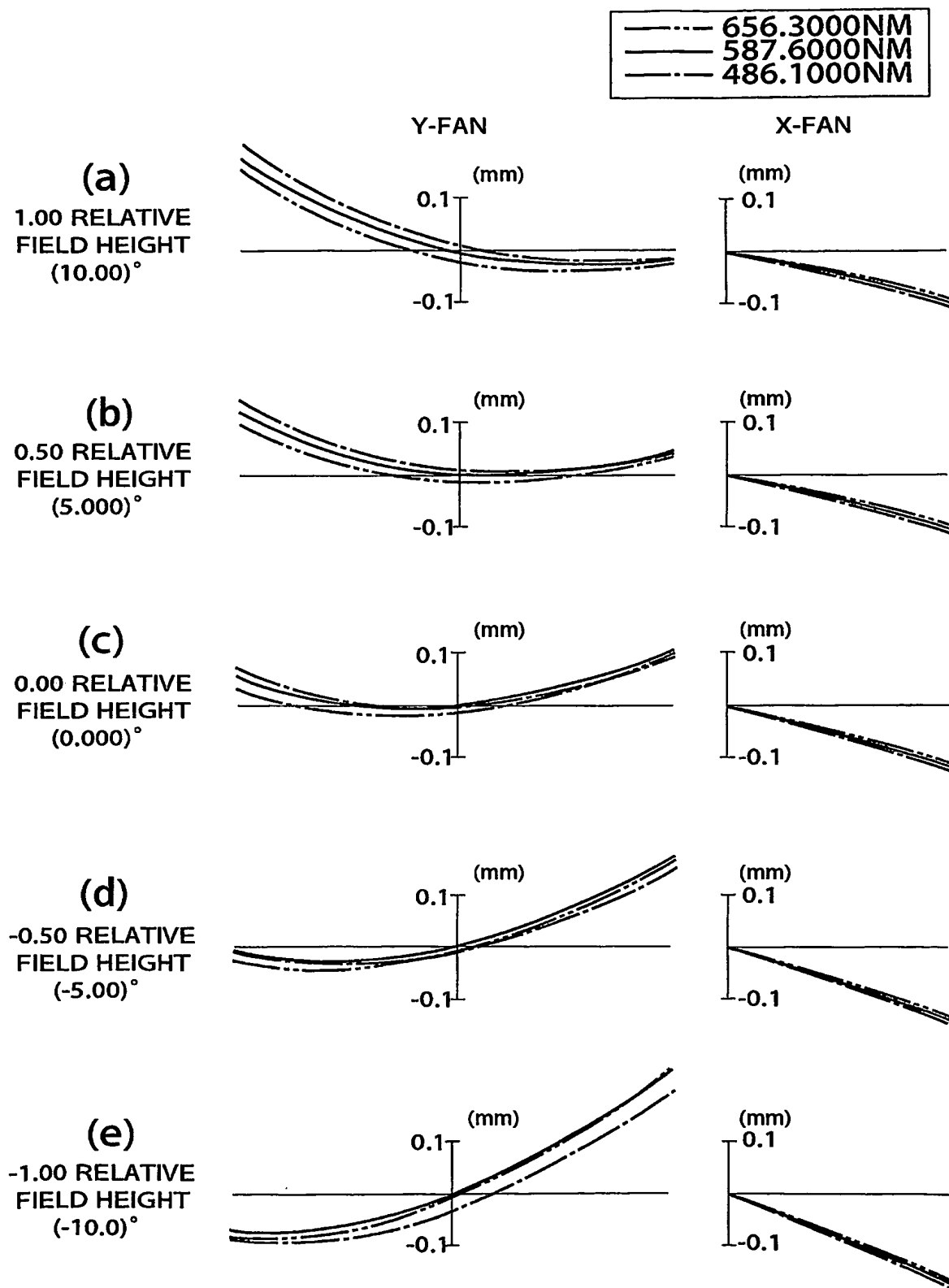
【図 4. B】



【図 4 C】

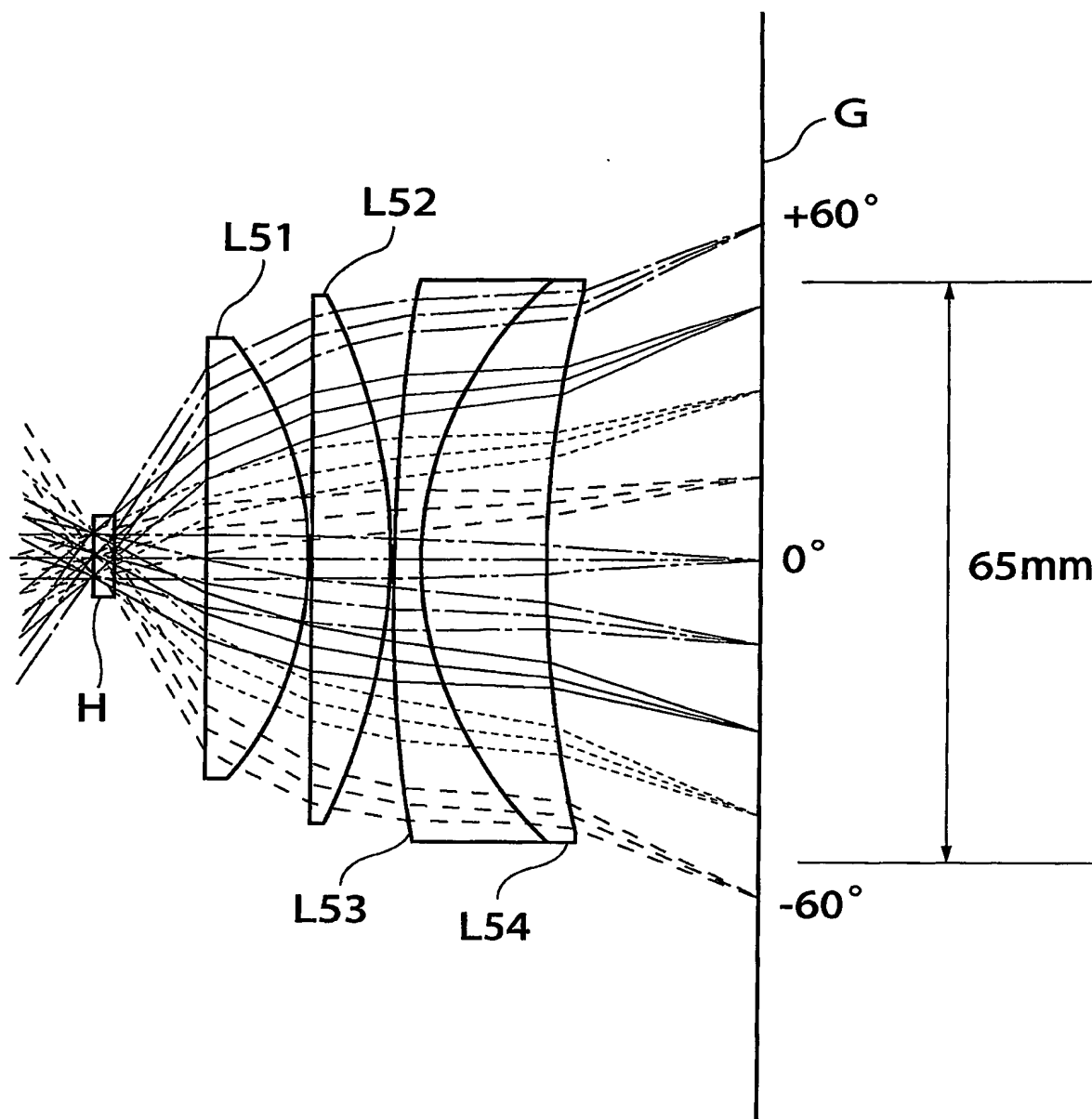


【図 4 D】

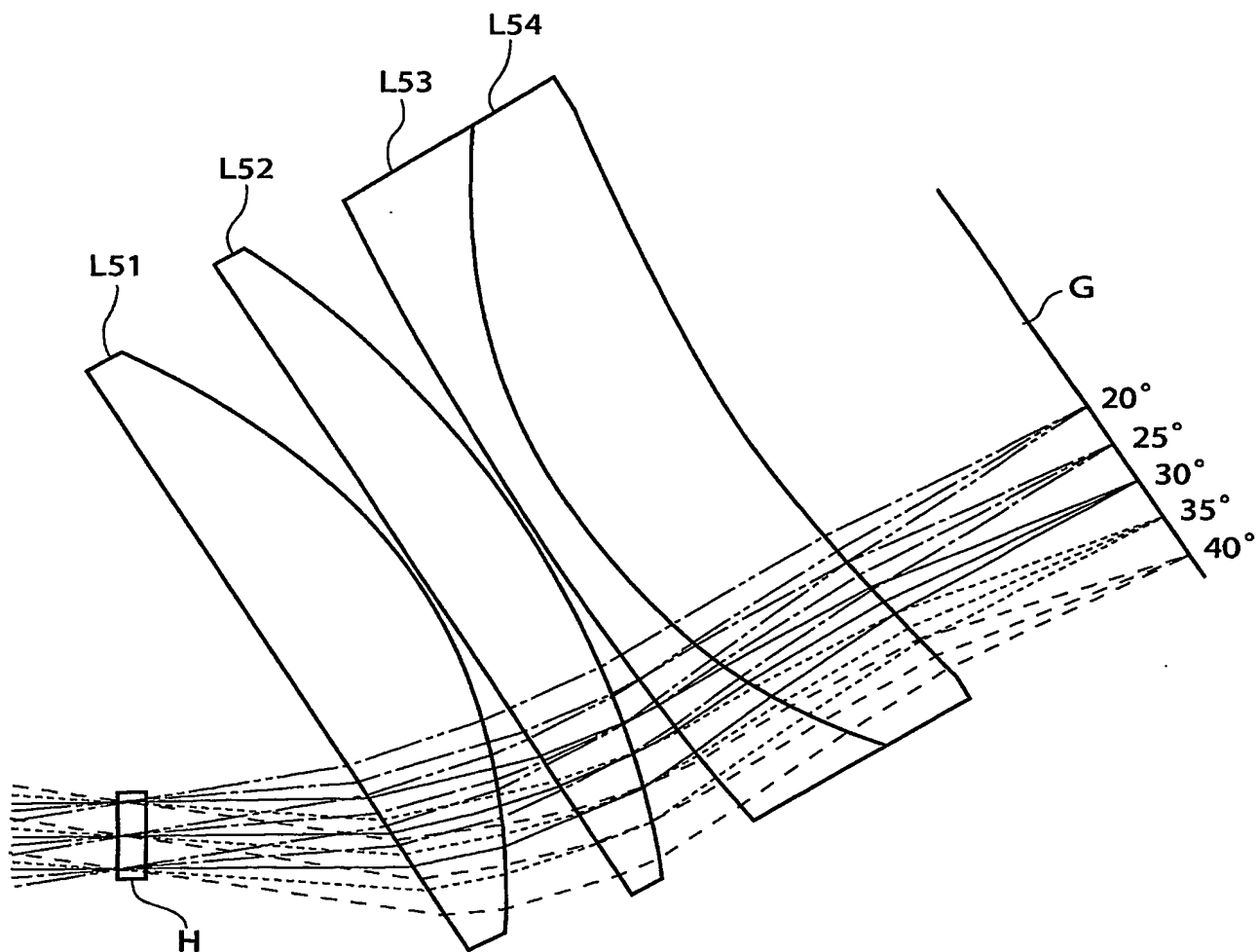




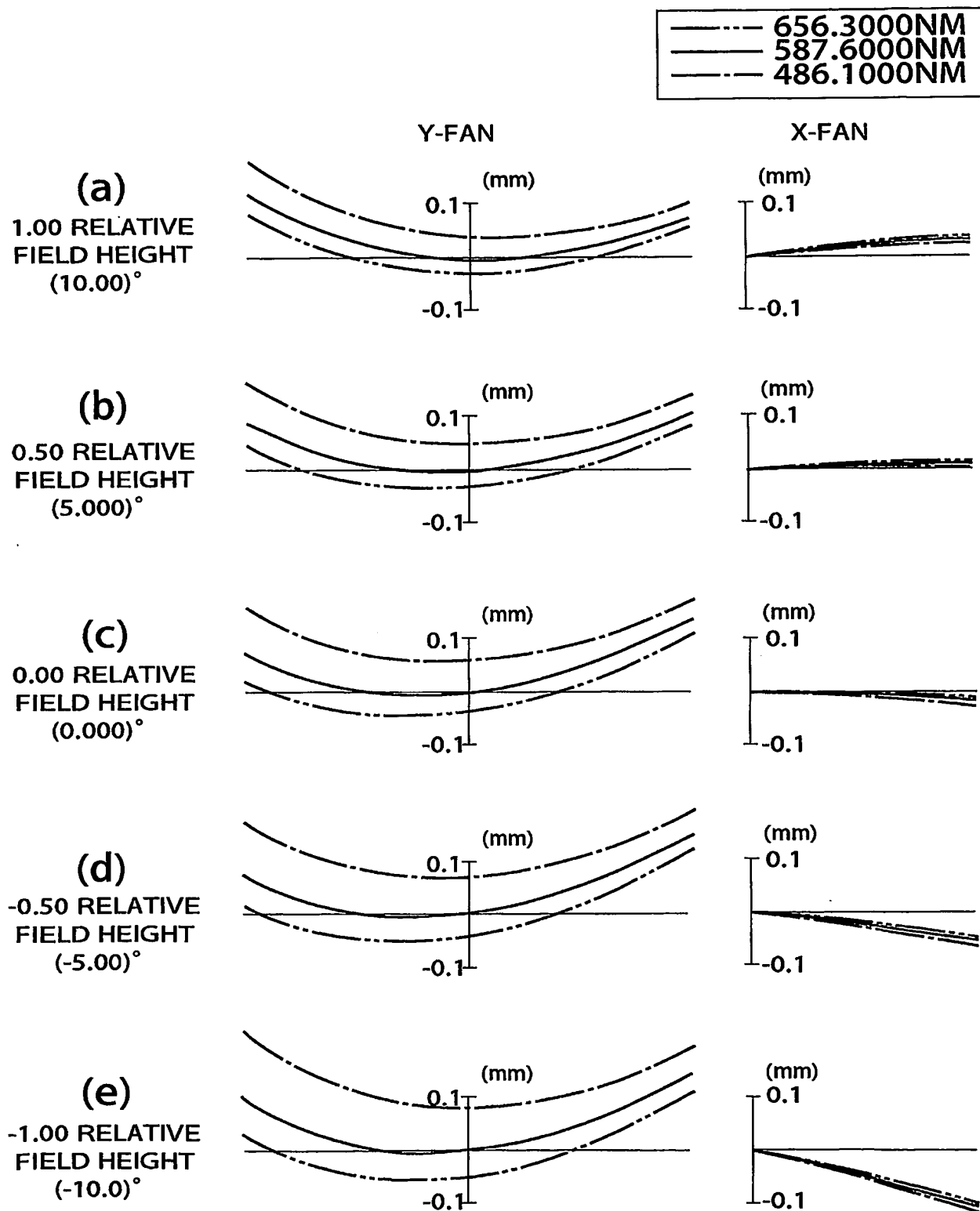
【図 5 A】



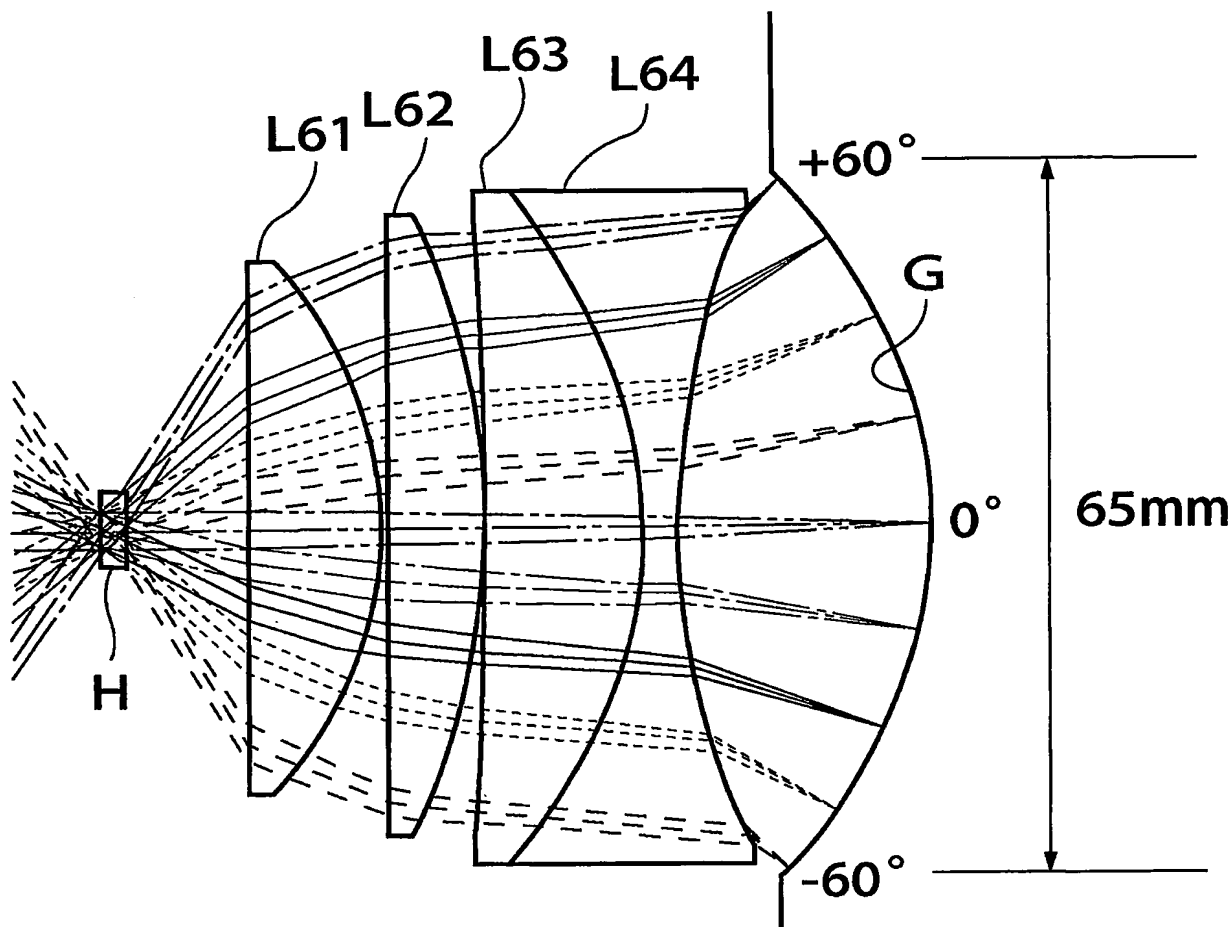
【図 5 B】



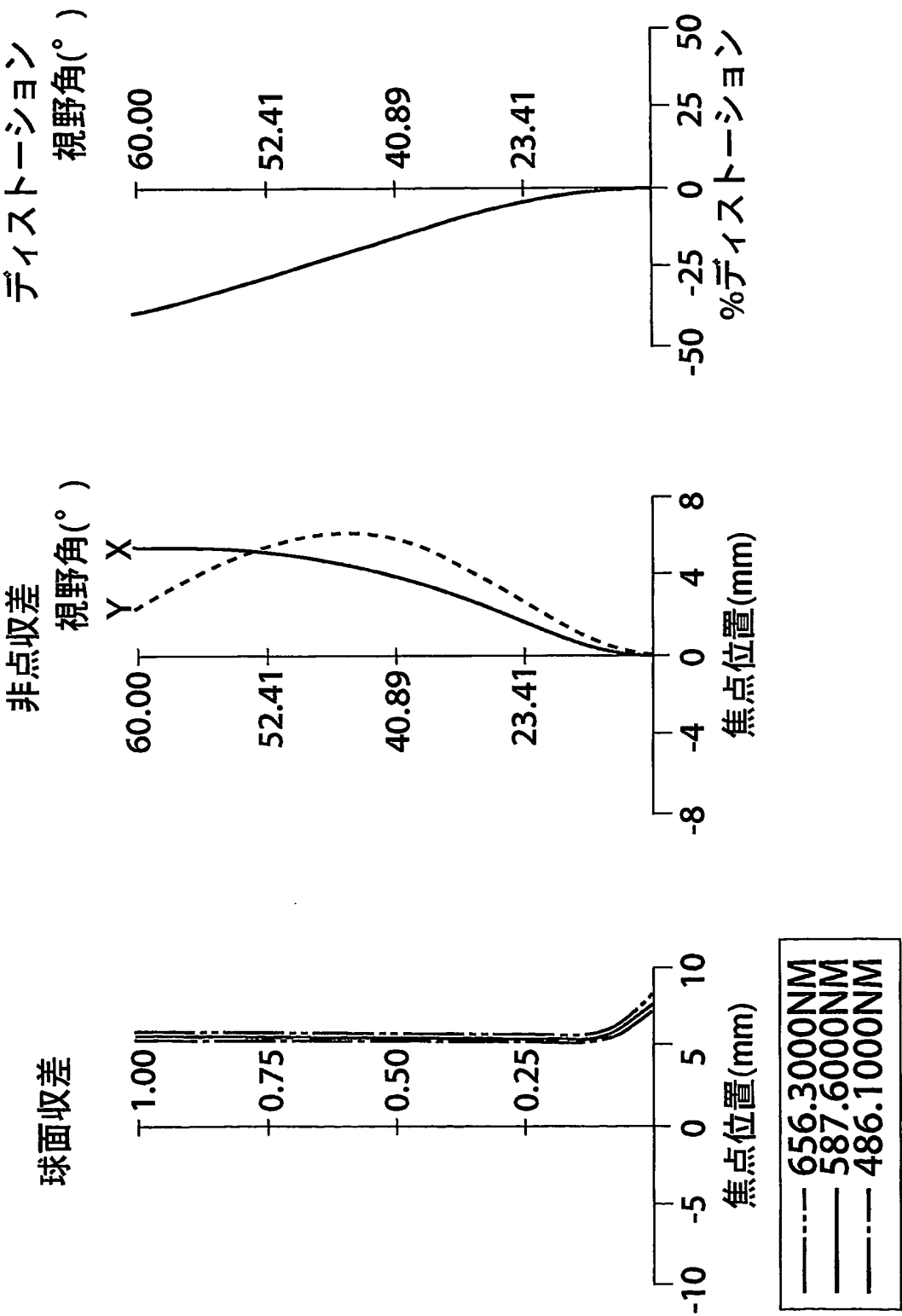
【図 5 C】



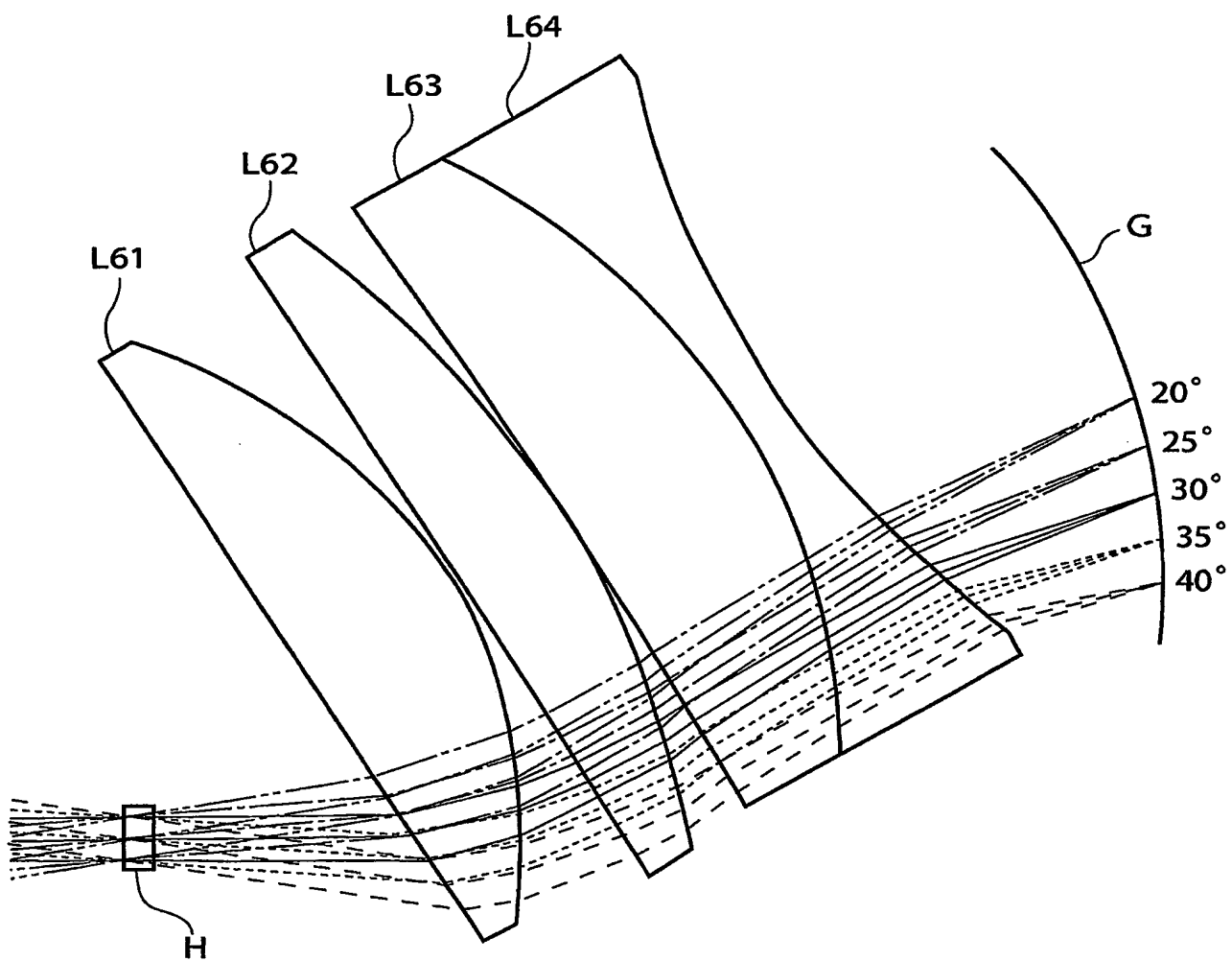
【図 6 A】



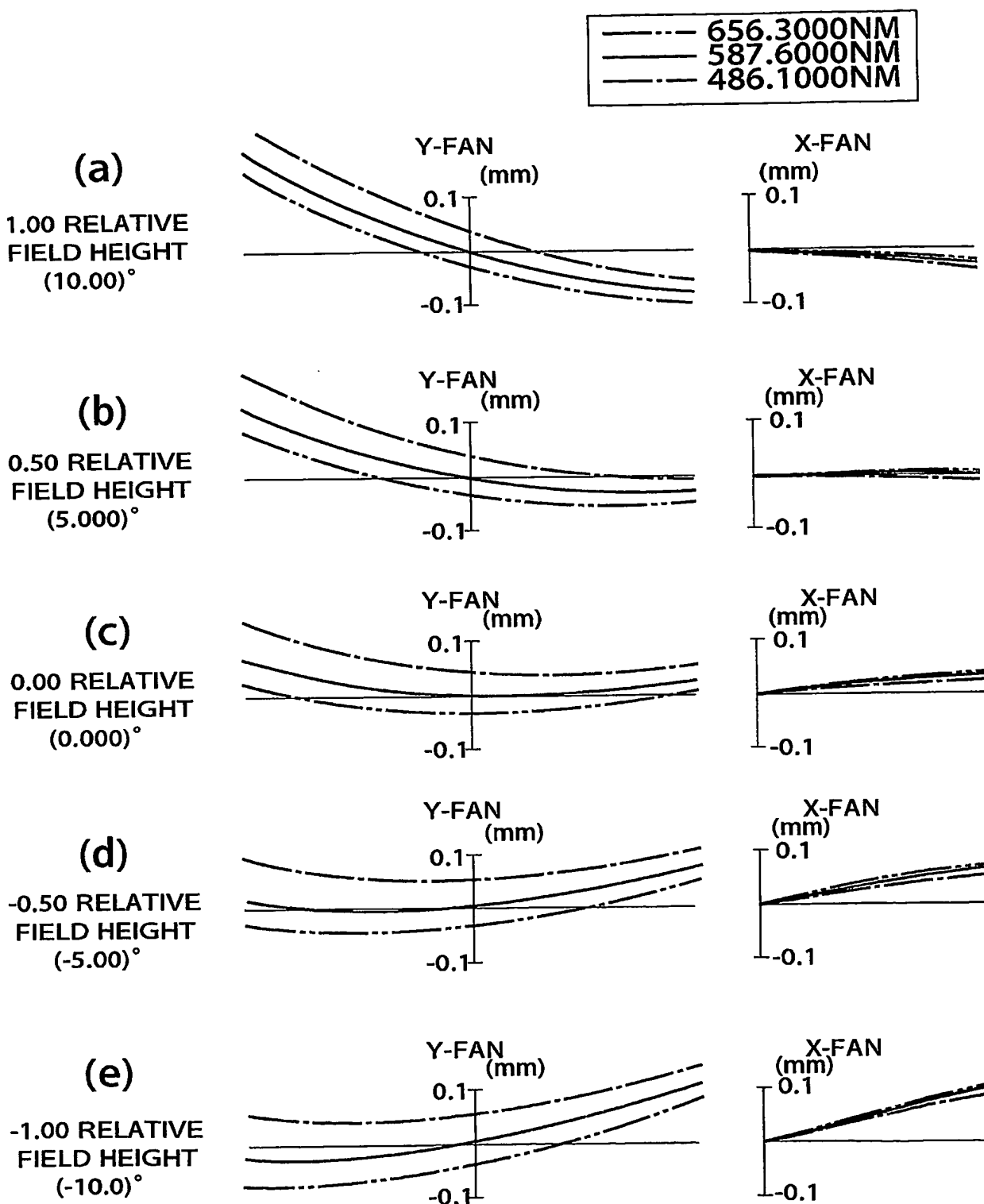
【図 6 B】



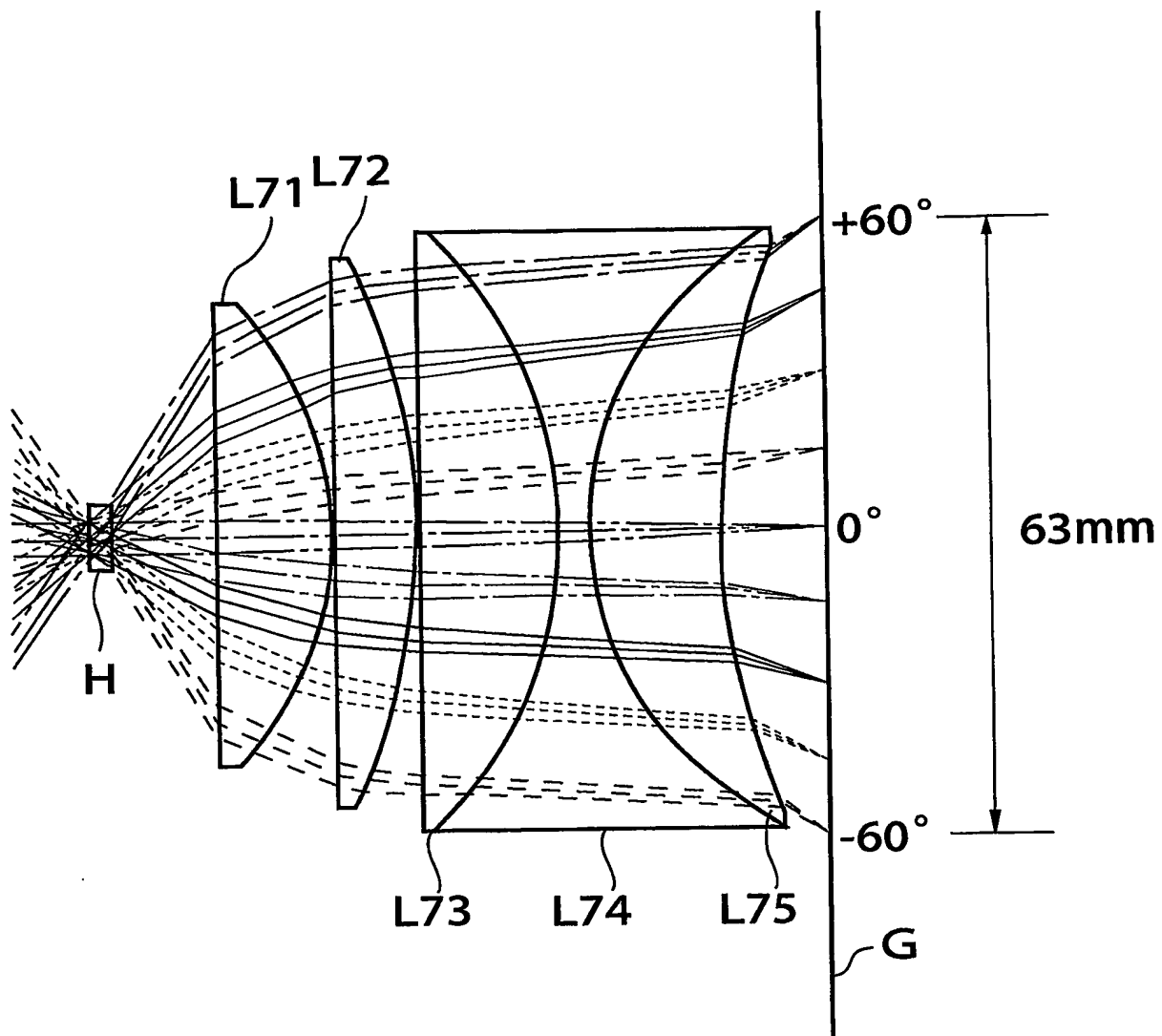
【図 6 C】



【図 6 D】

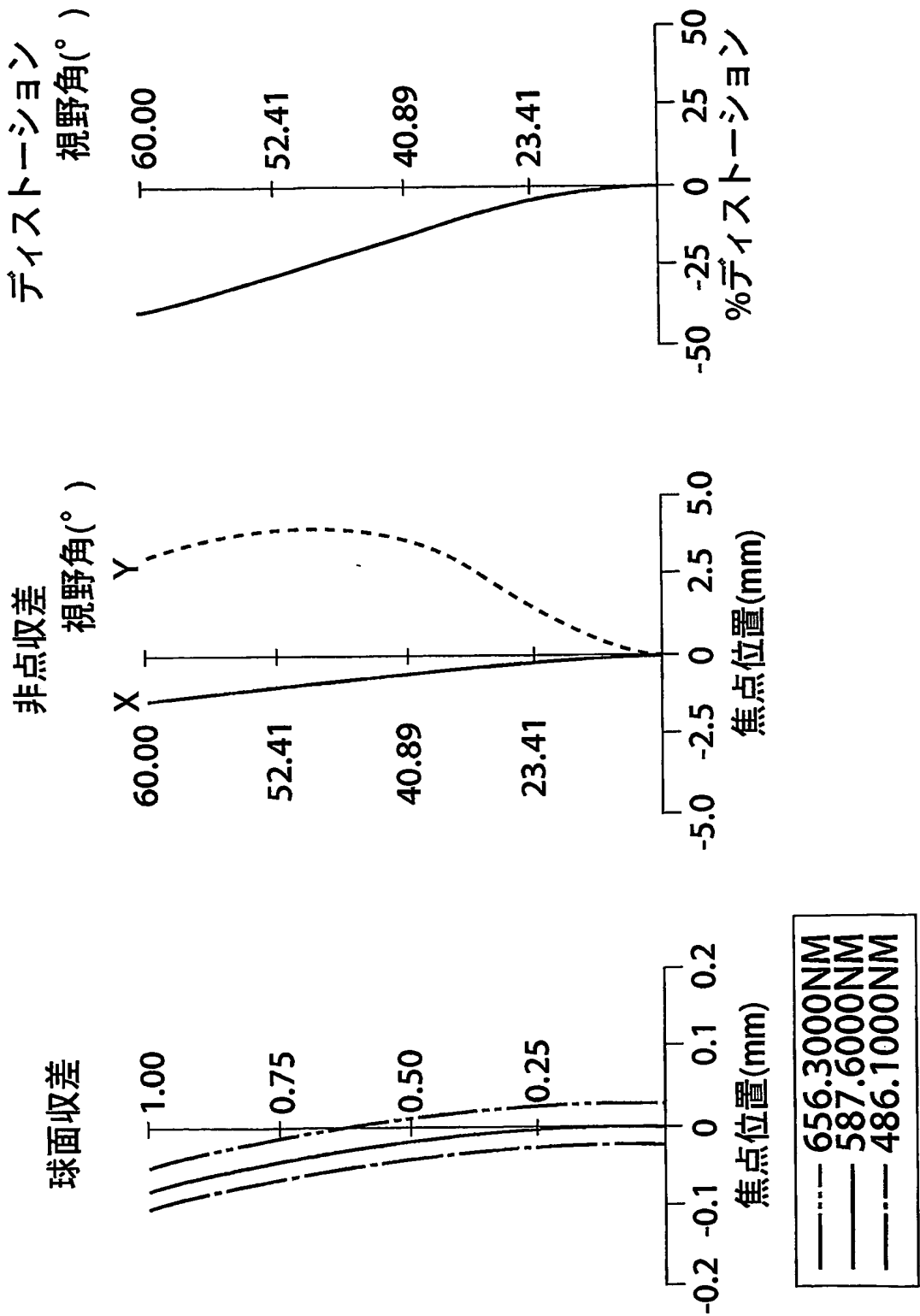


【図 7 A】

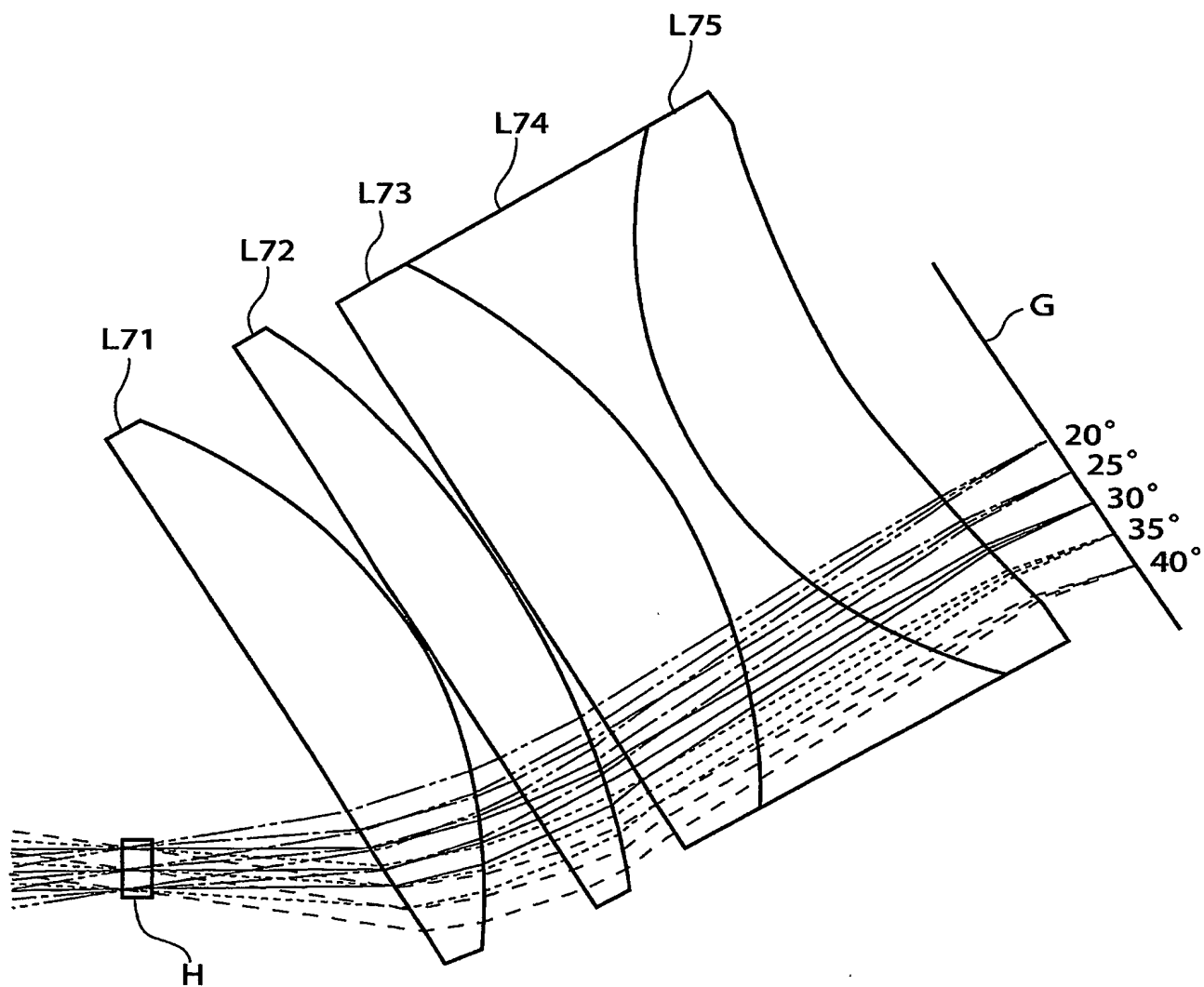




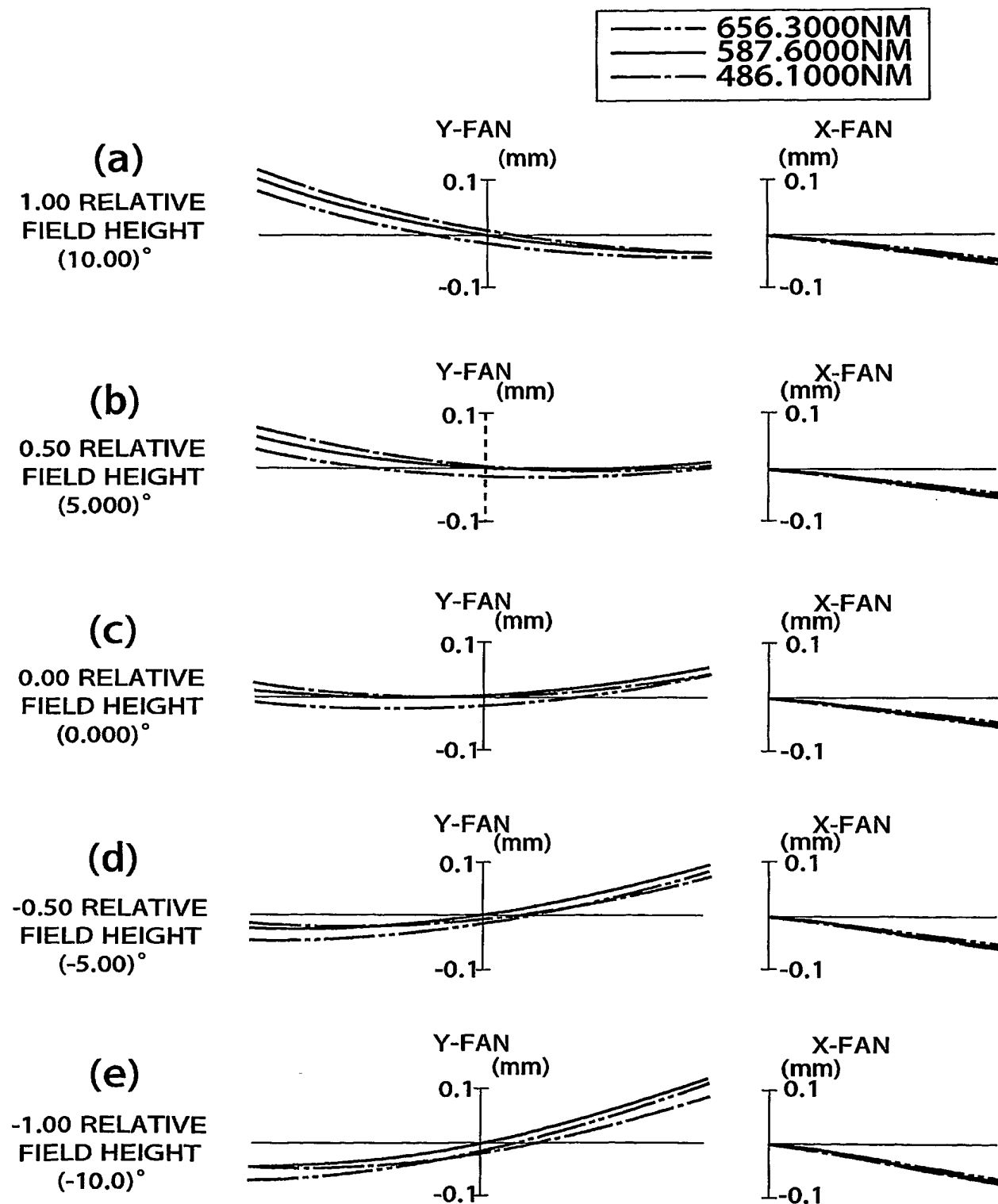
【図 7 B】



【図 7 C】

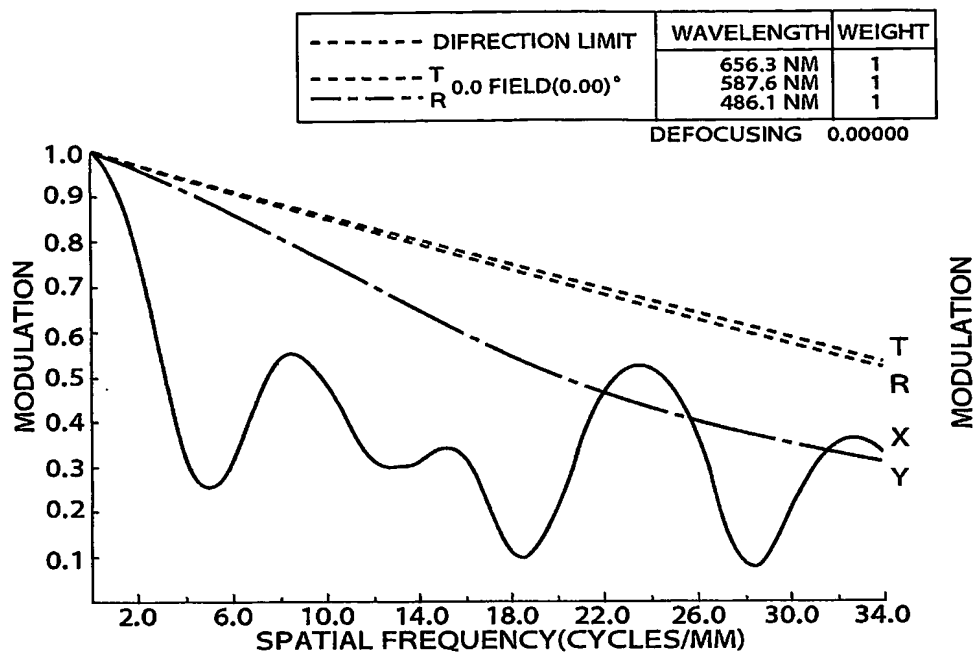


【図 7 D】

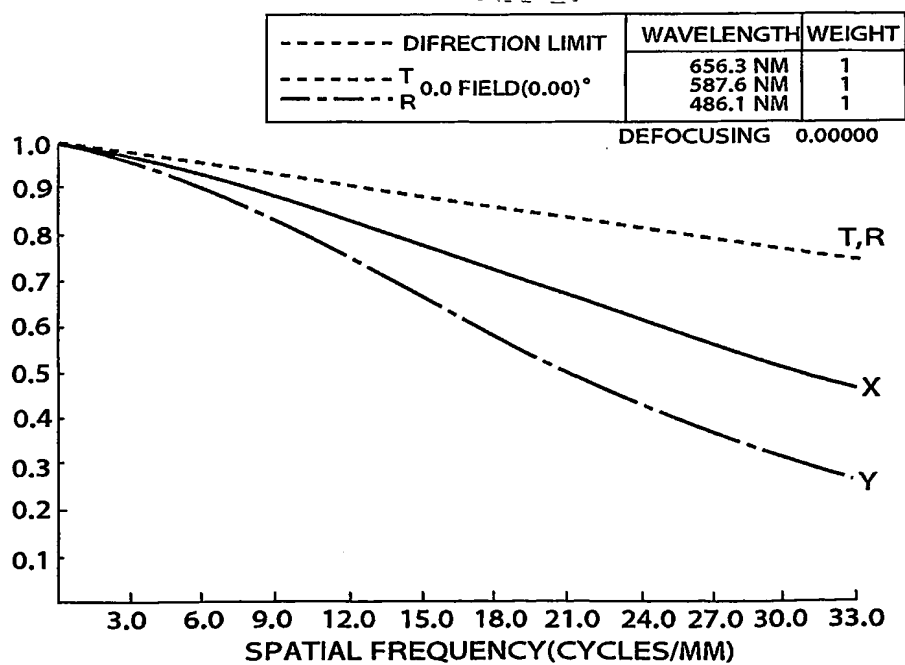


【図 7 E】

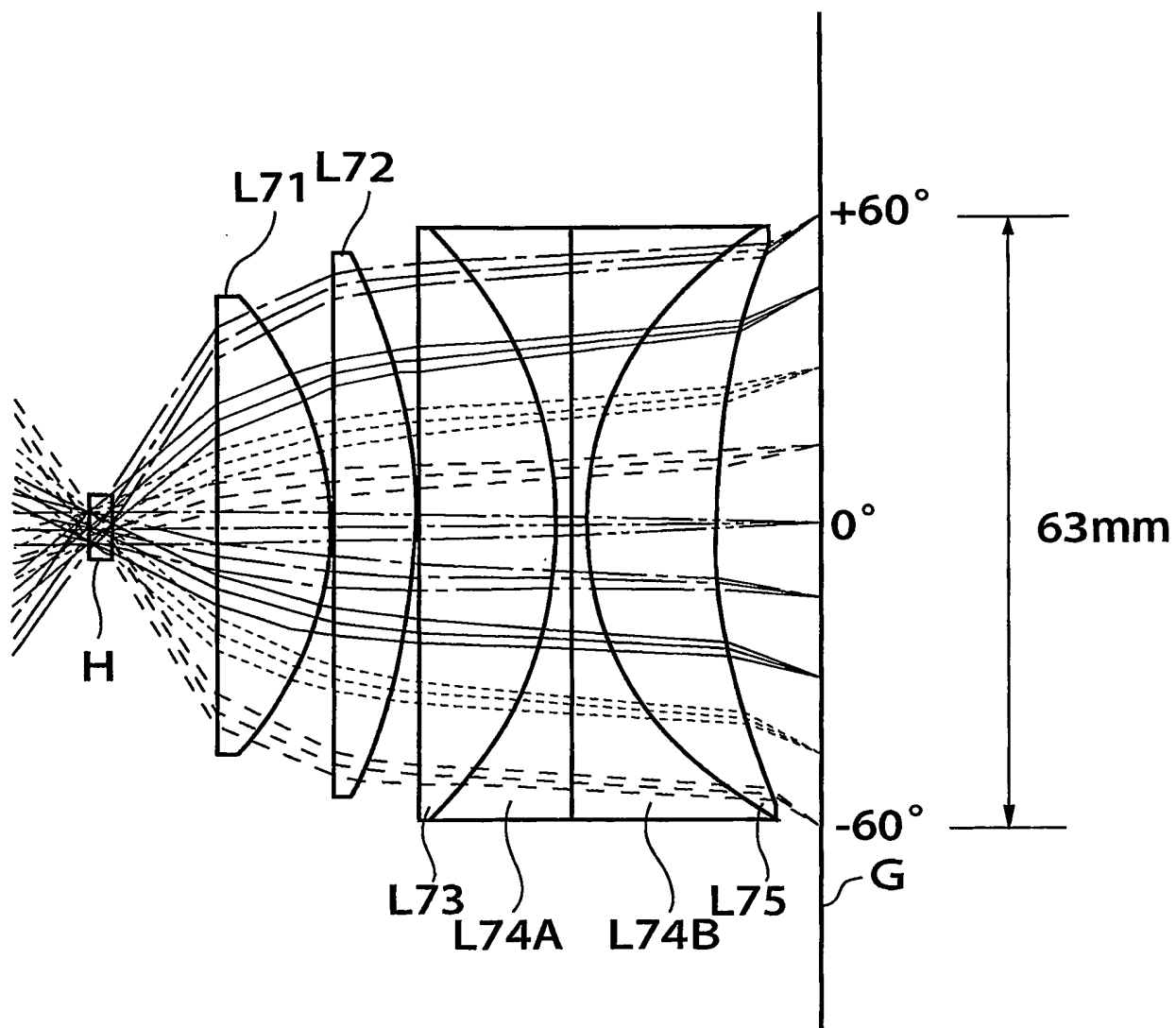
(a)



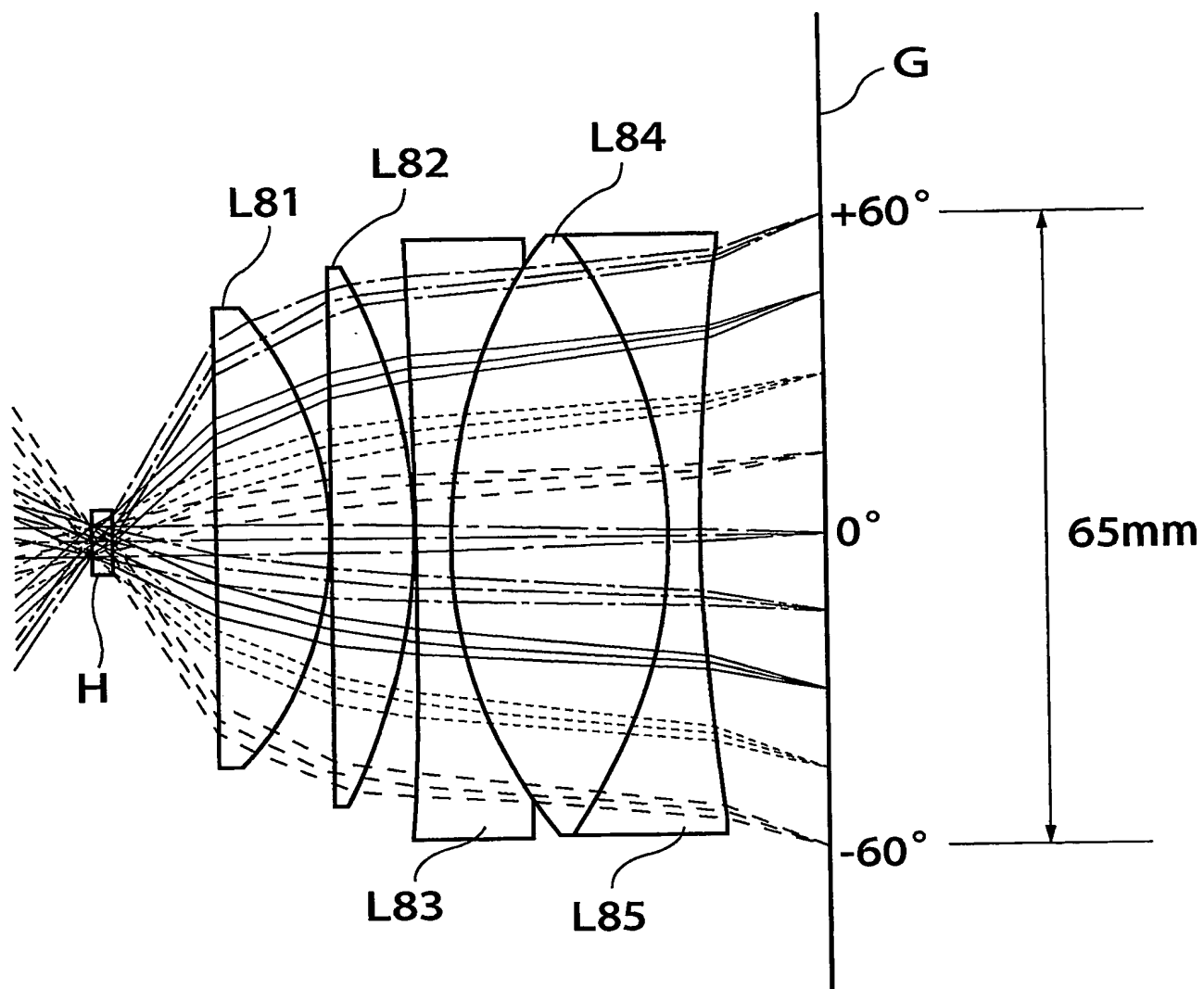
(b)



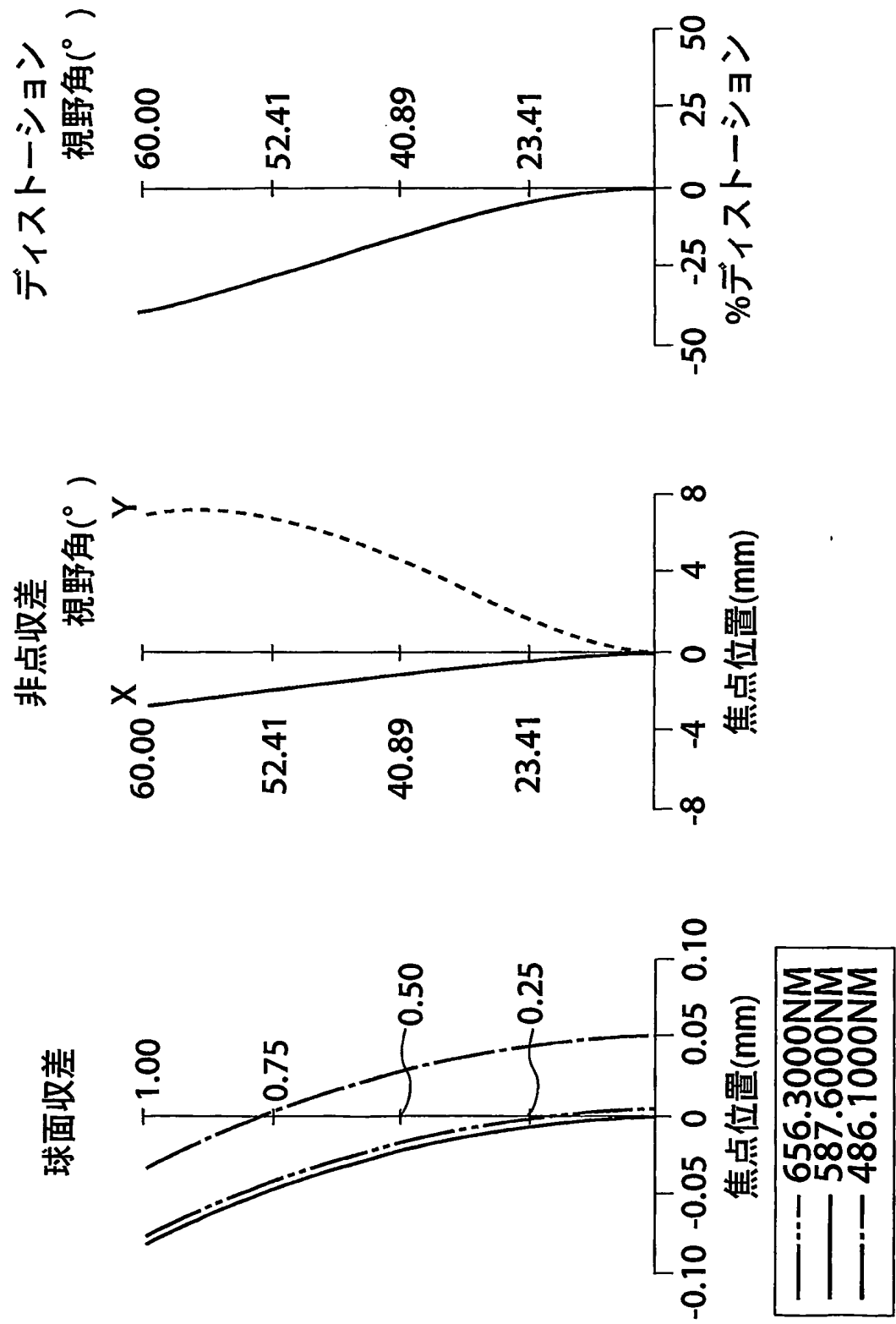
【図 7 F】



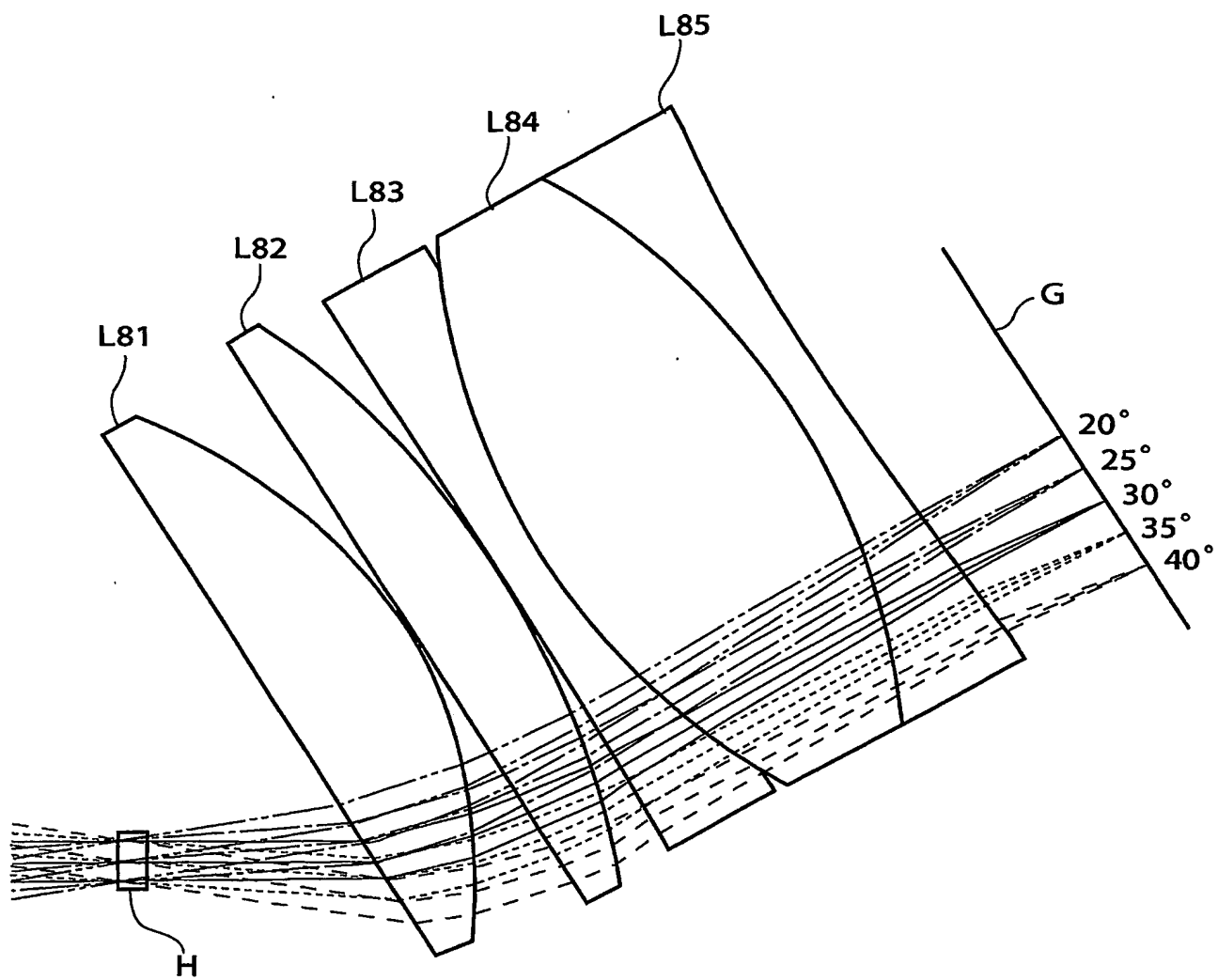
【図 8 A】



【図 8 B】

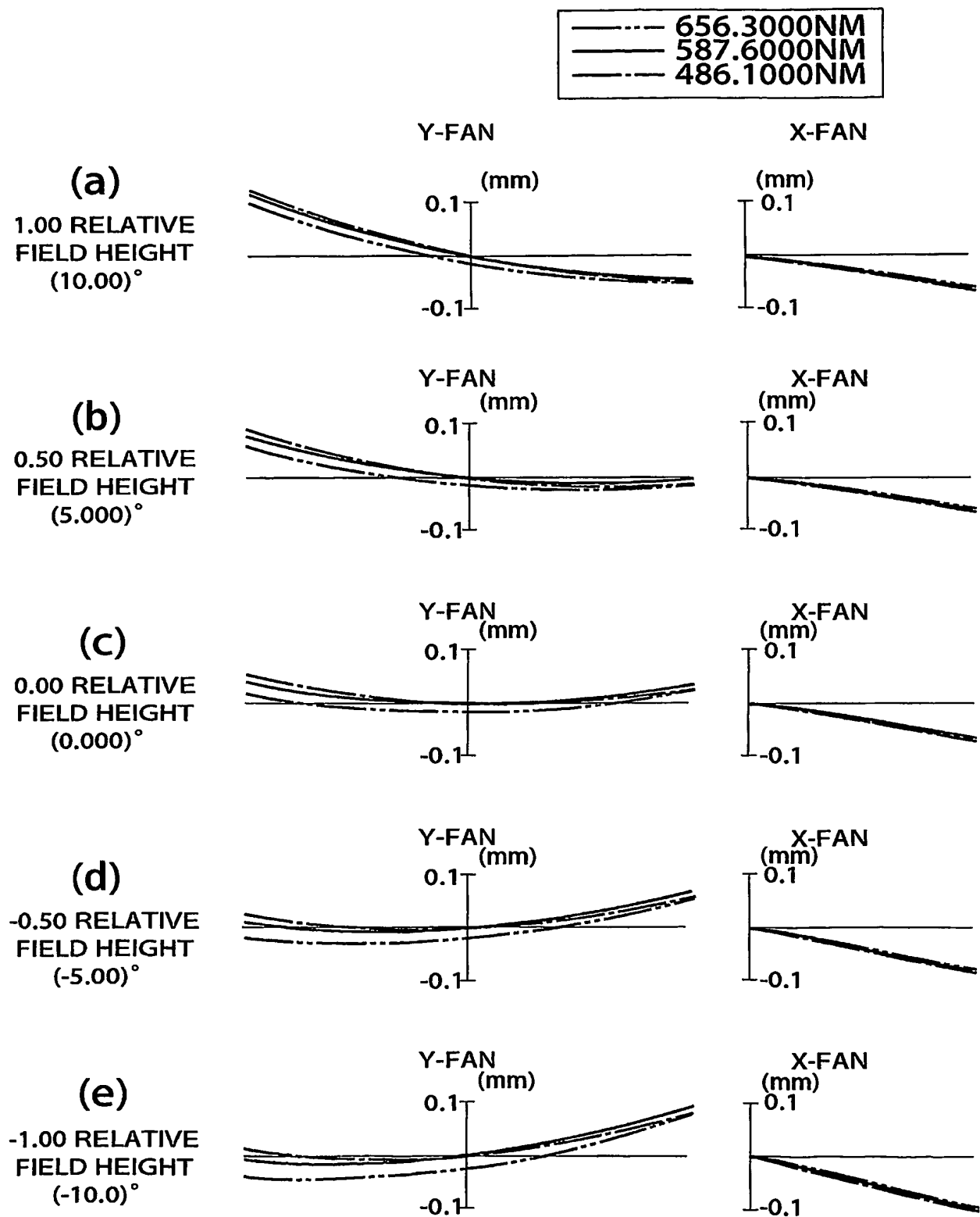


【図 8 C】

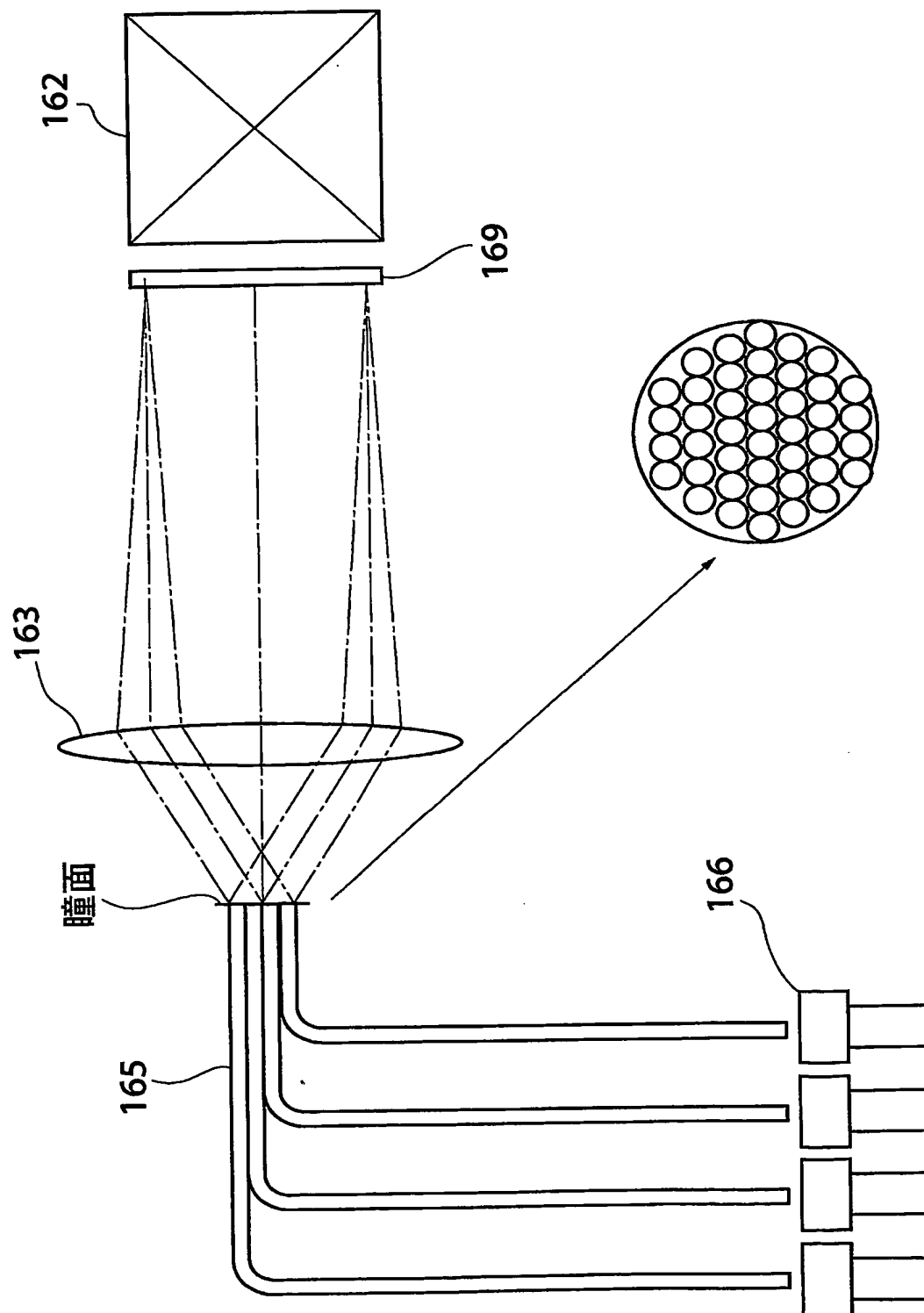




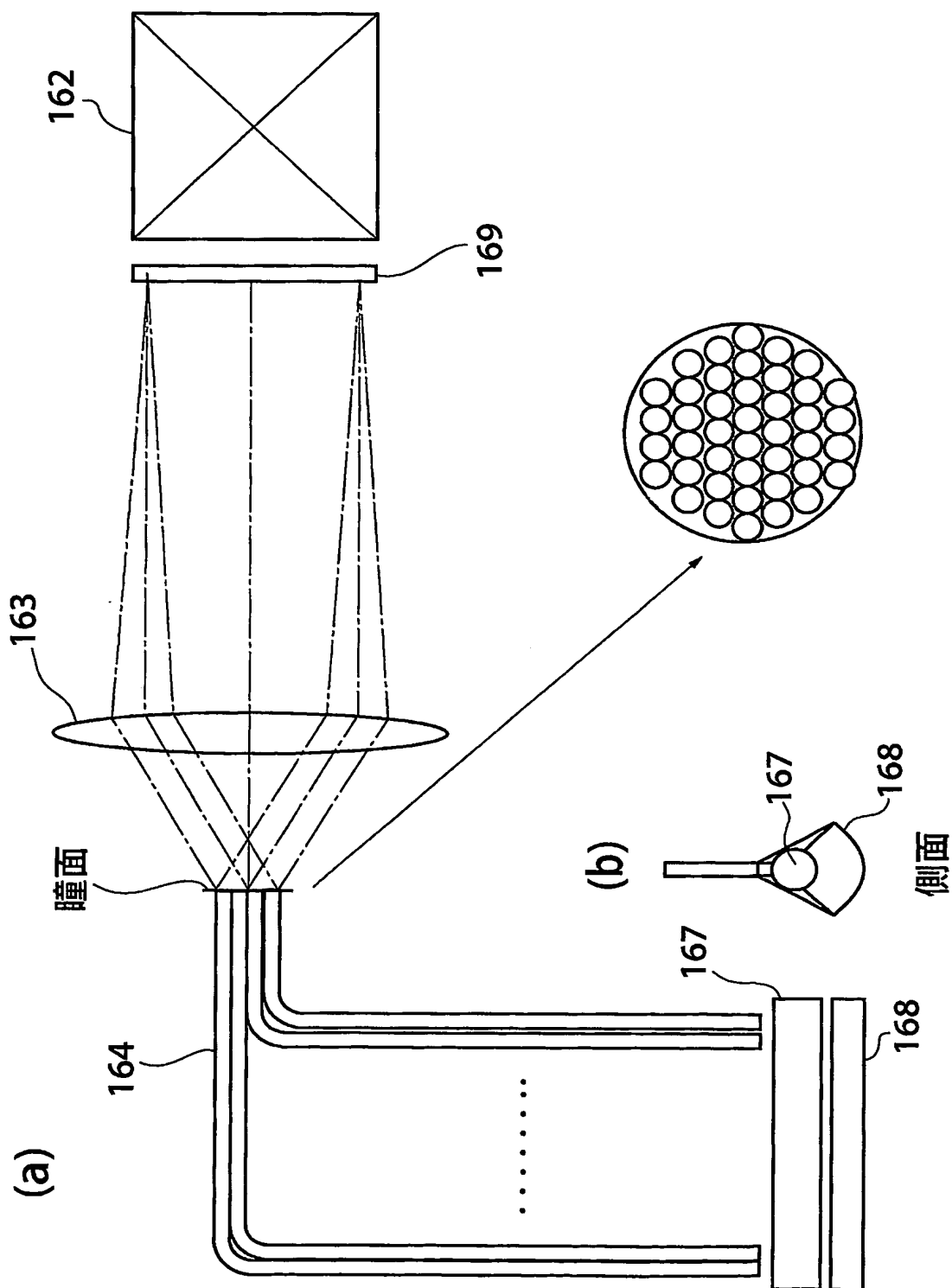
【図 8 D】



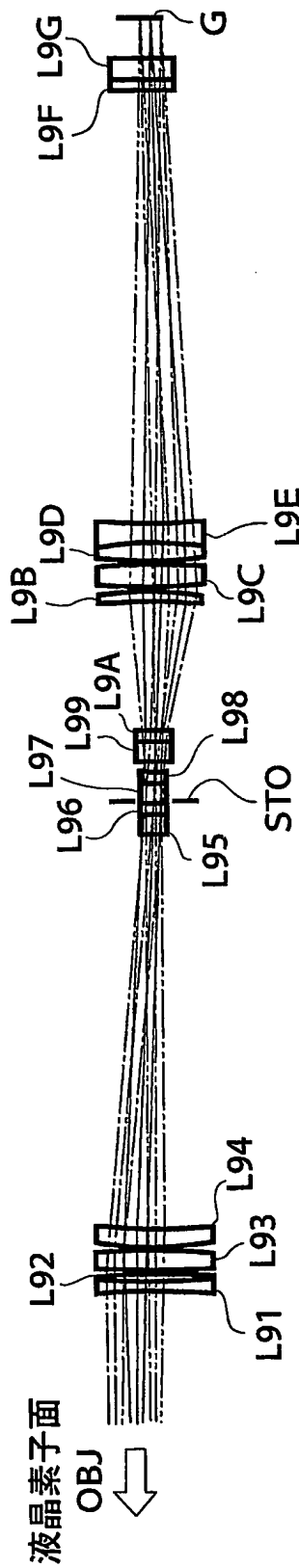
【図 8 E】



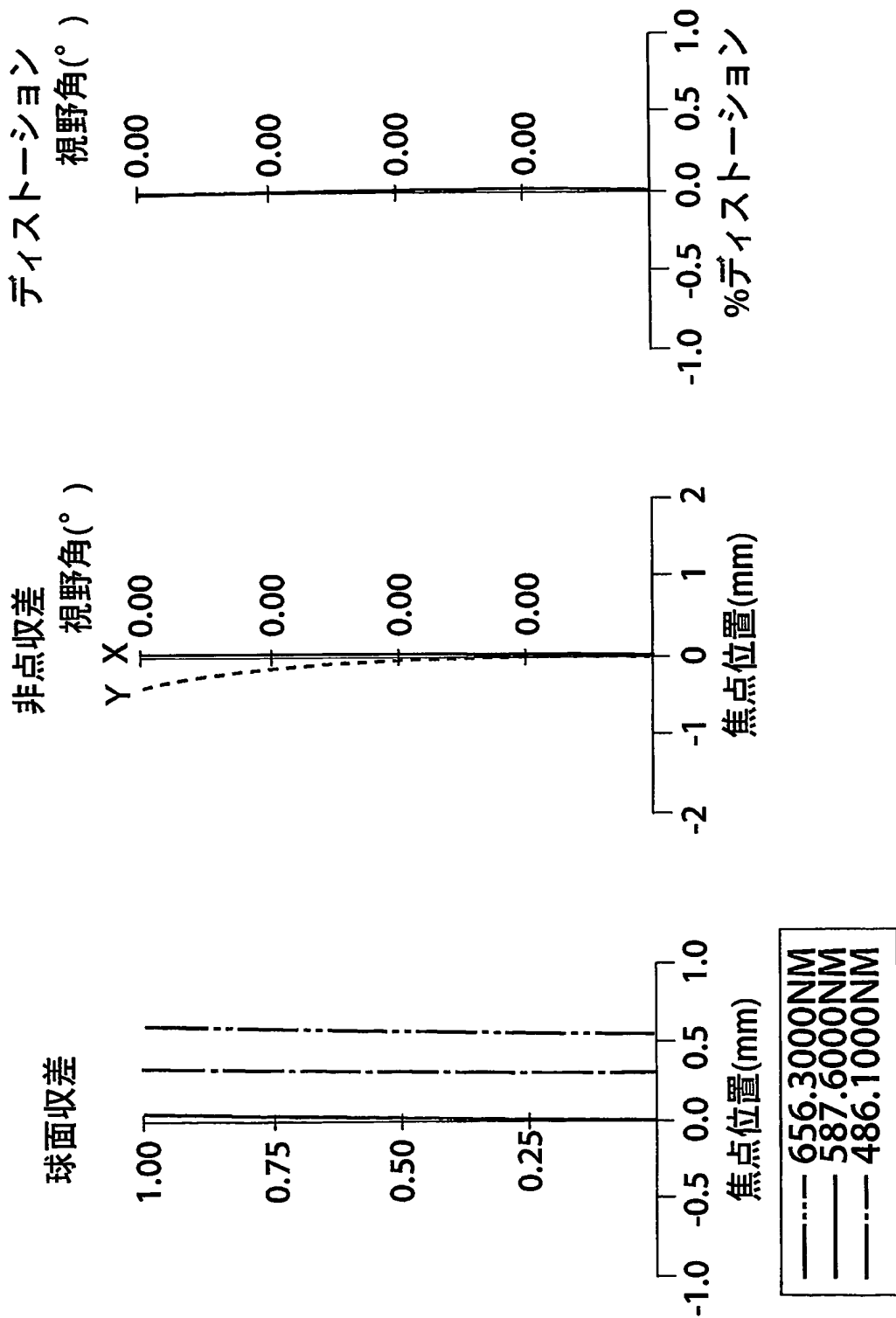
【図 8 F】



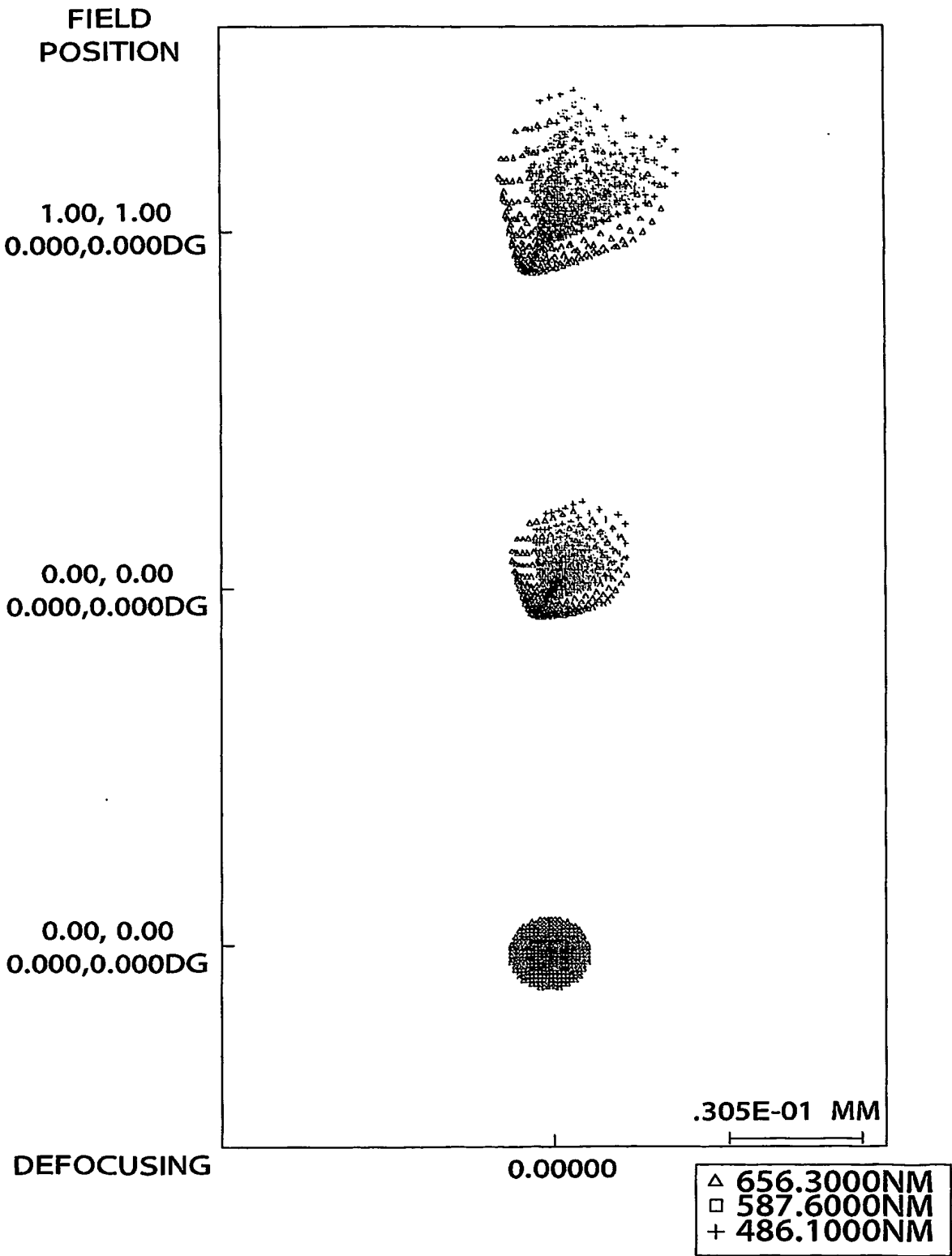
【図 9 A】



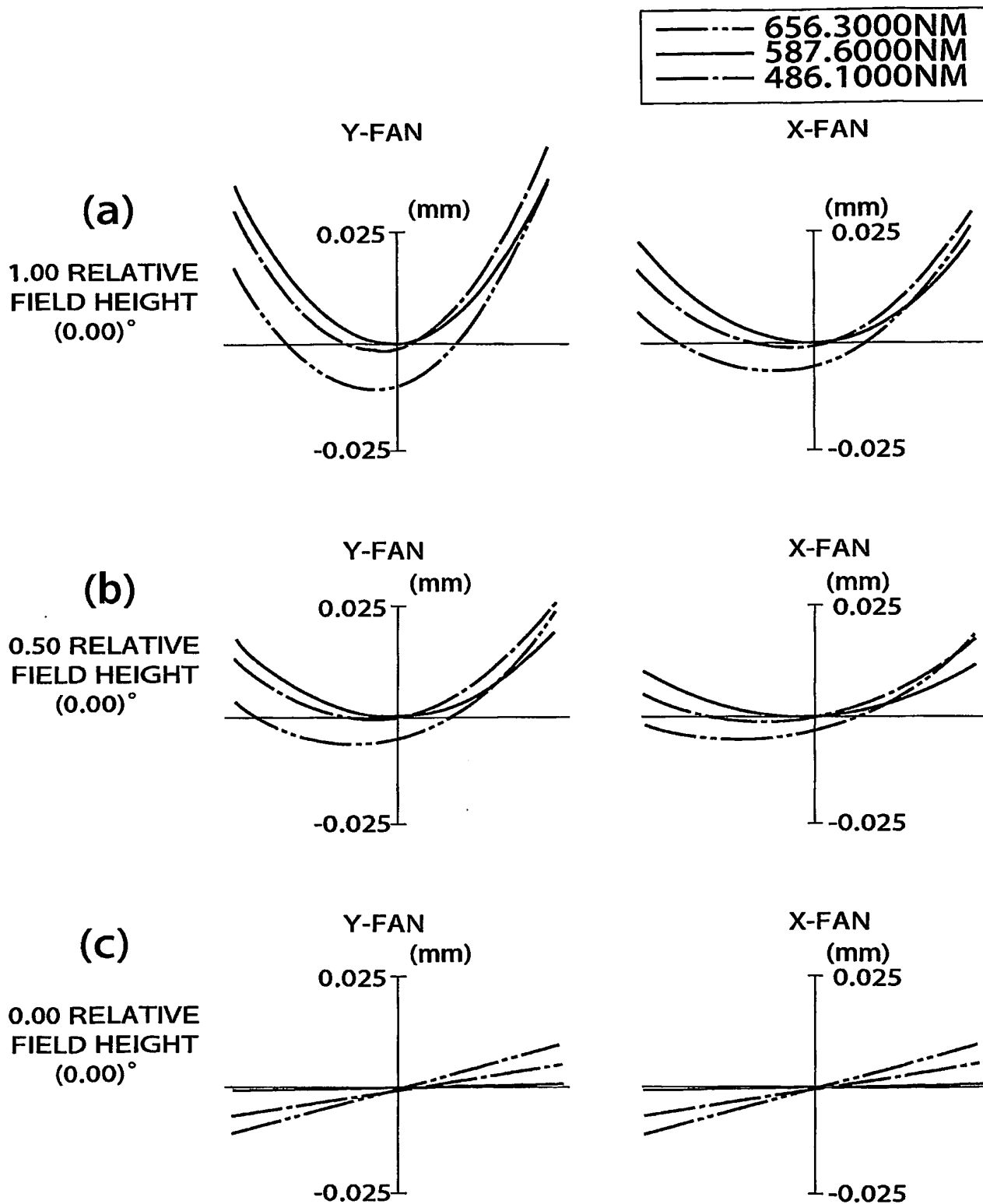
【図 9 B】



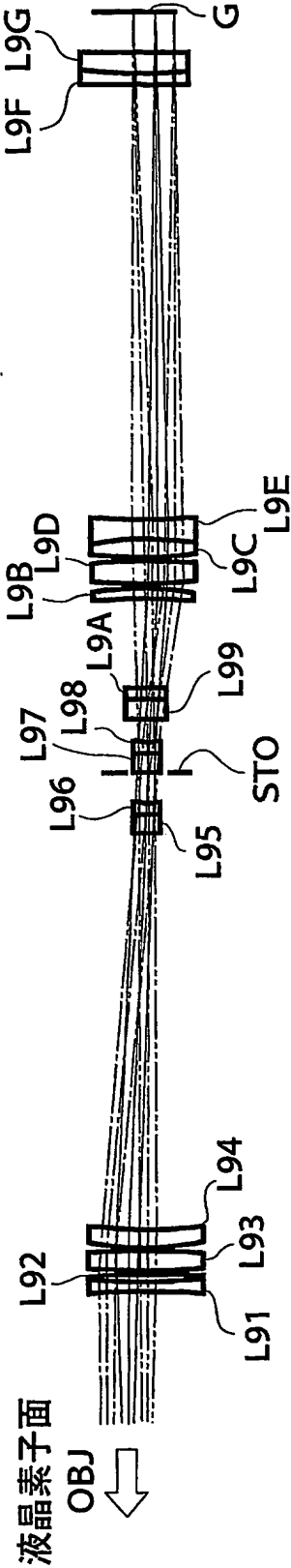
【図 9 C】



【図 9 D】

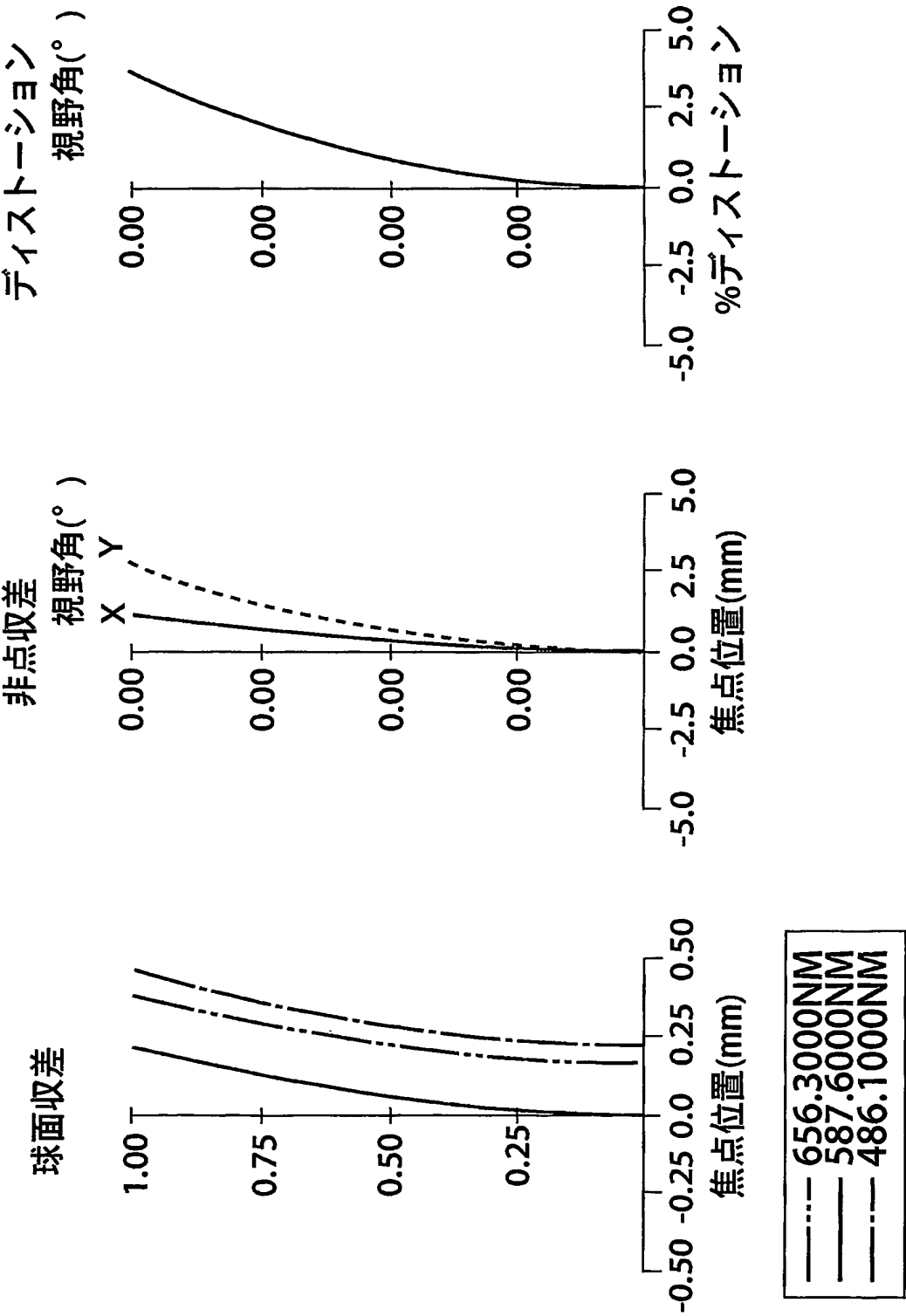


【図 10 A】

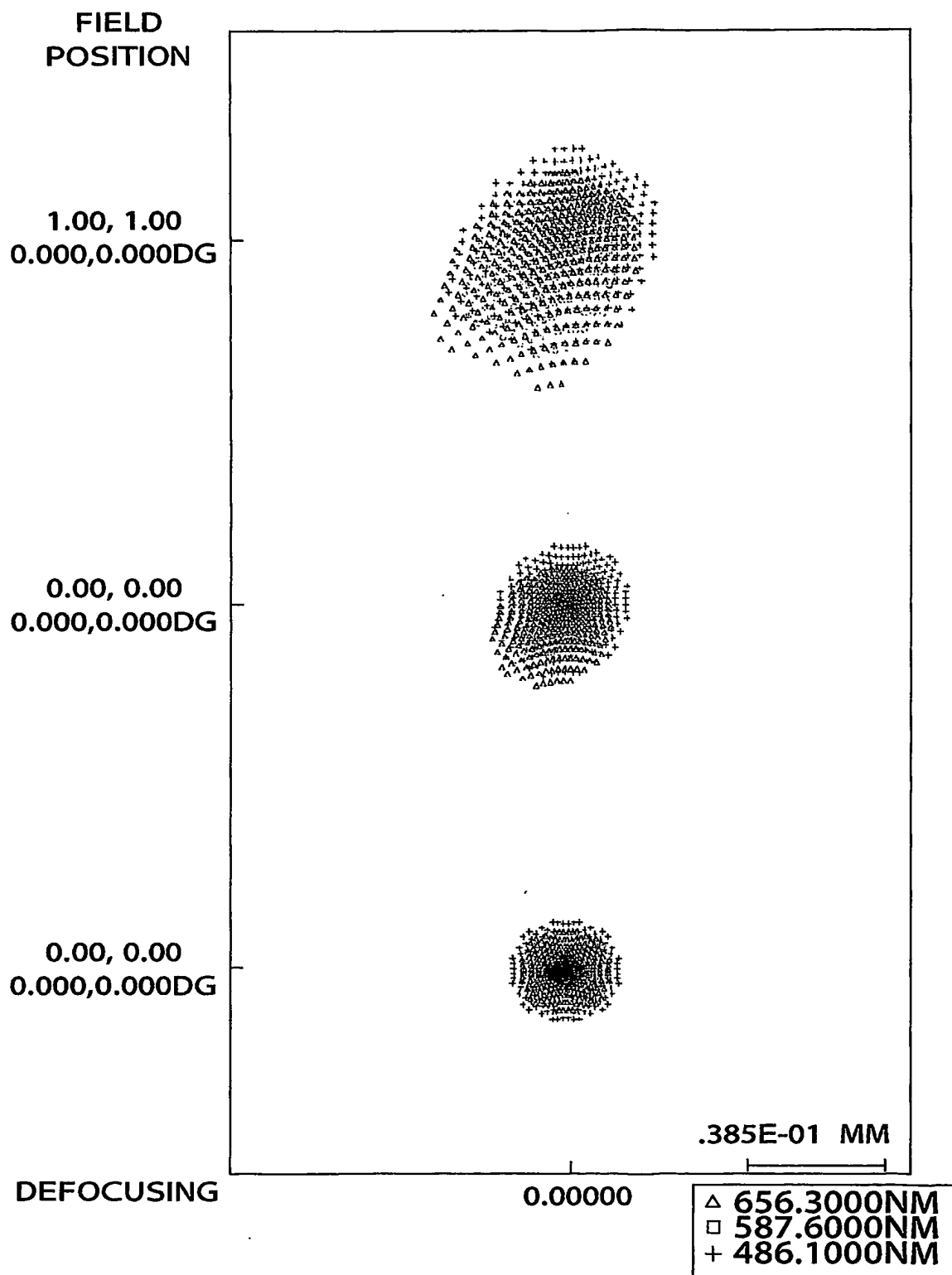




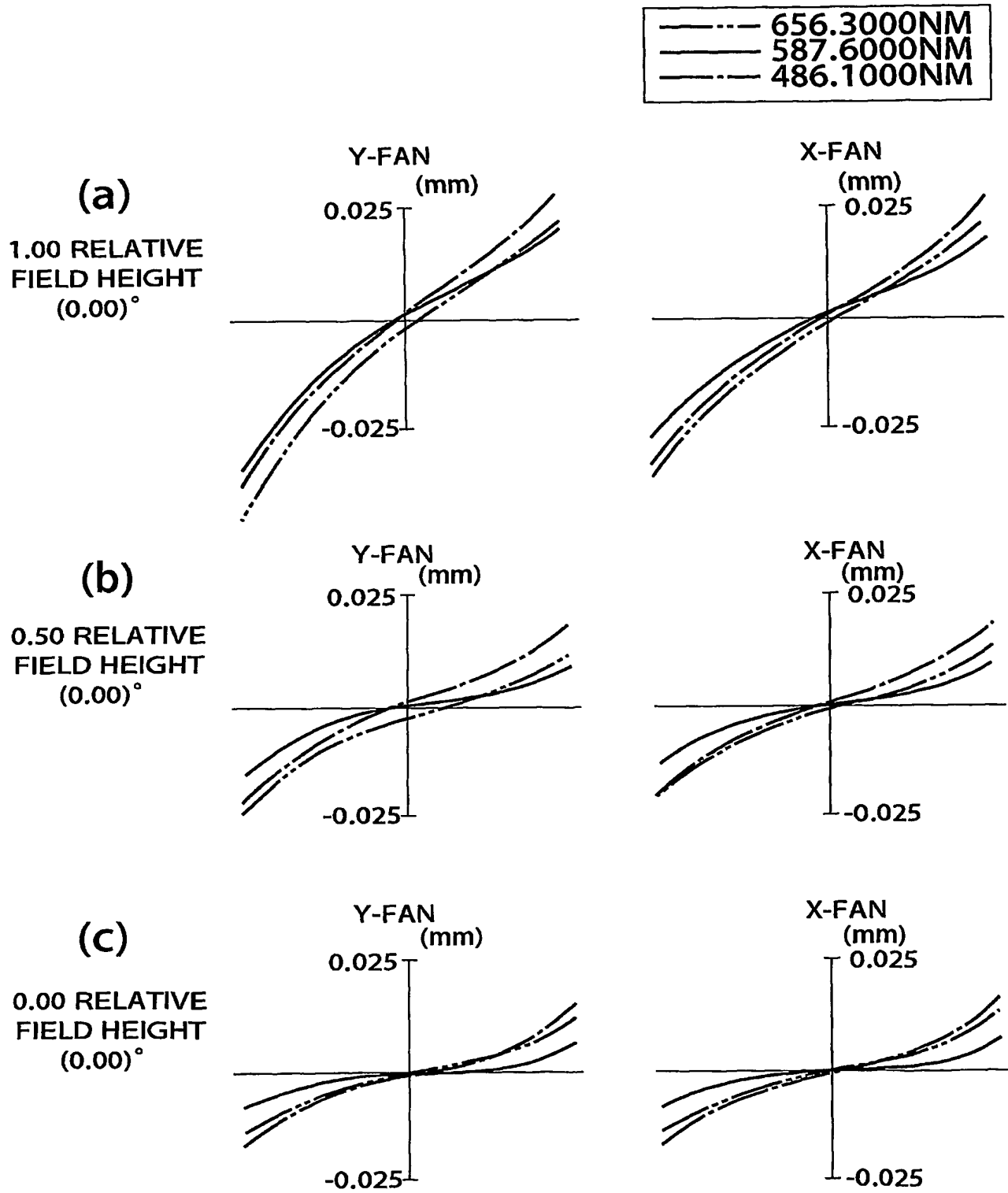
【図 10B】



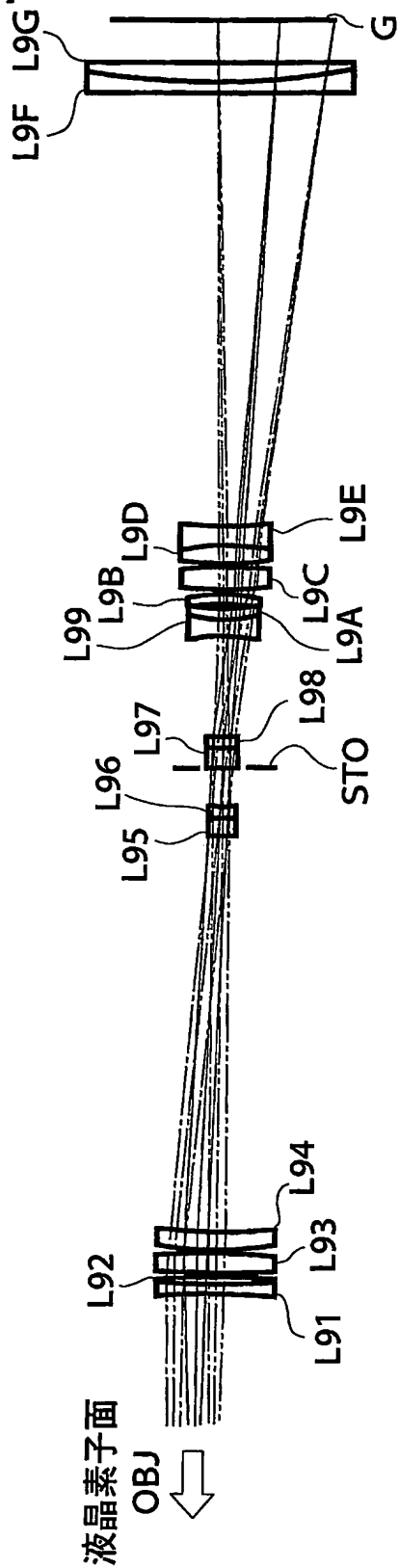
【図 10C】



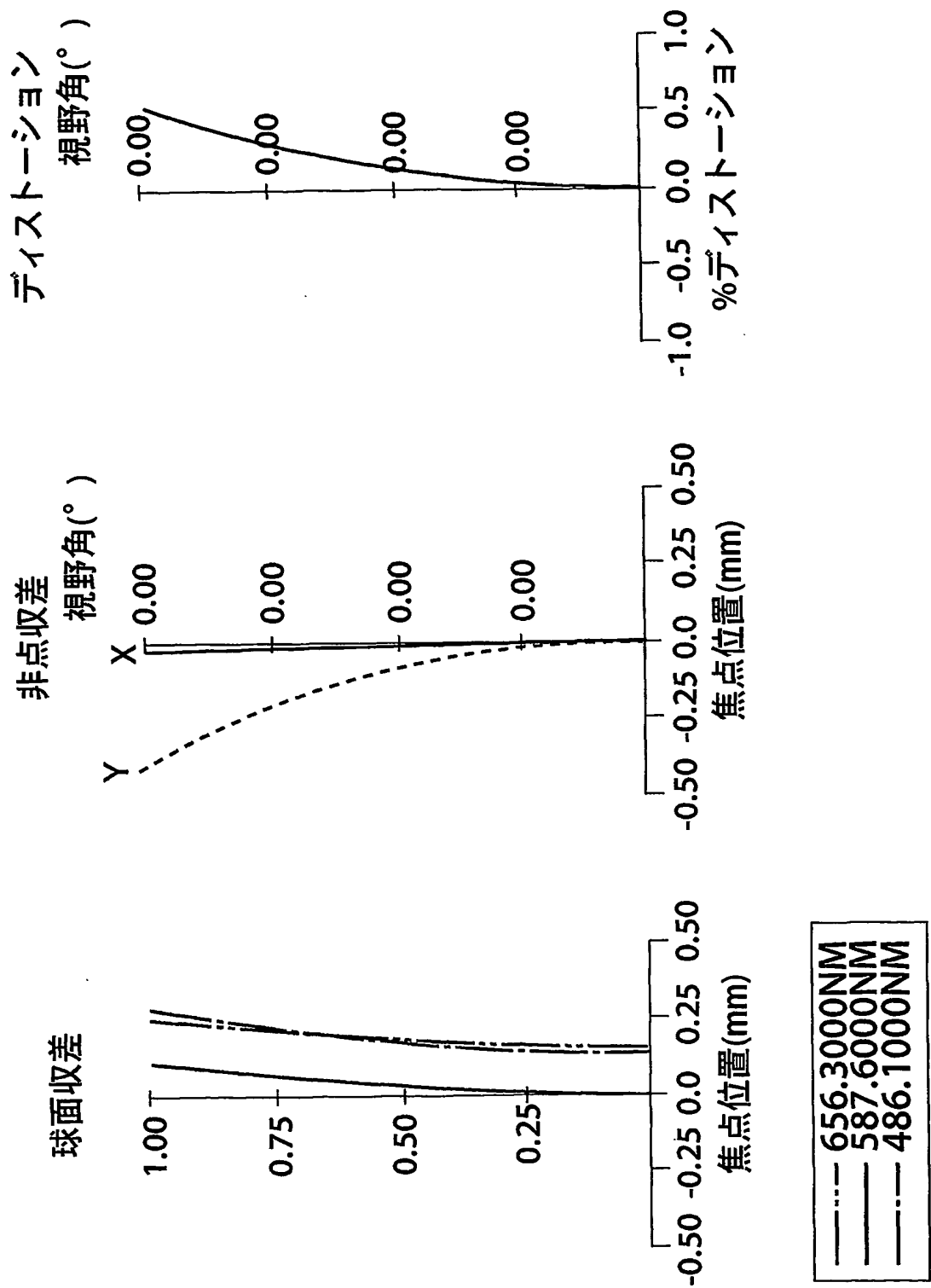
【図 10D】



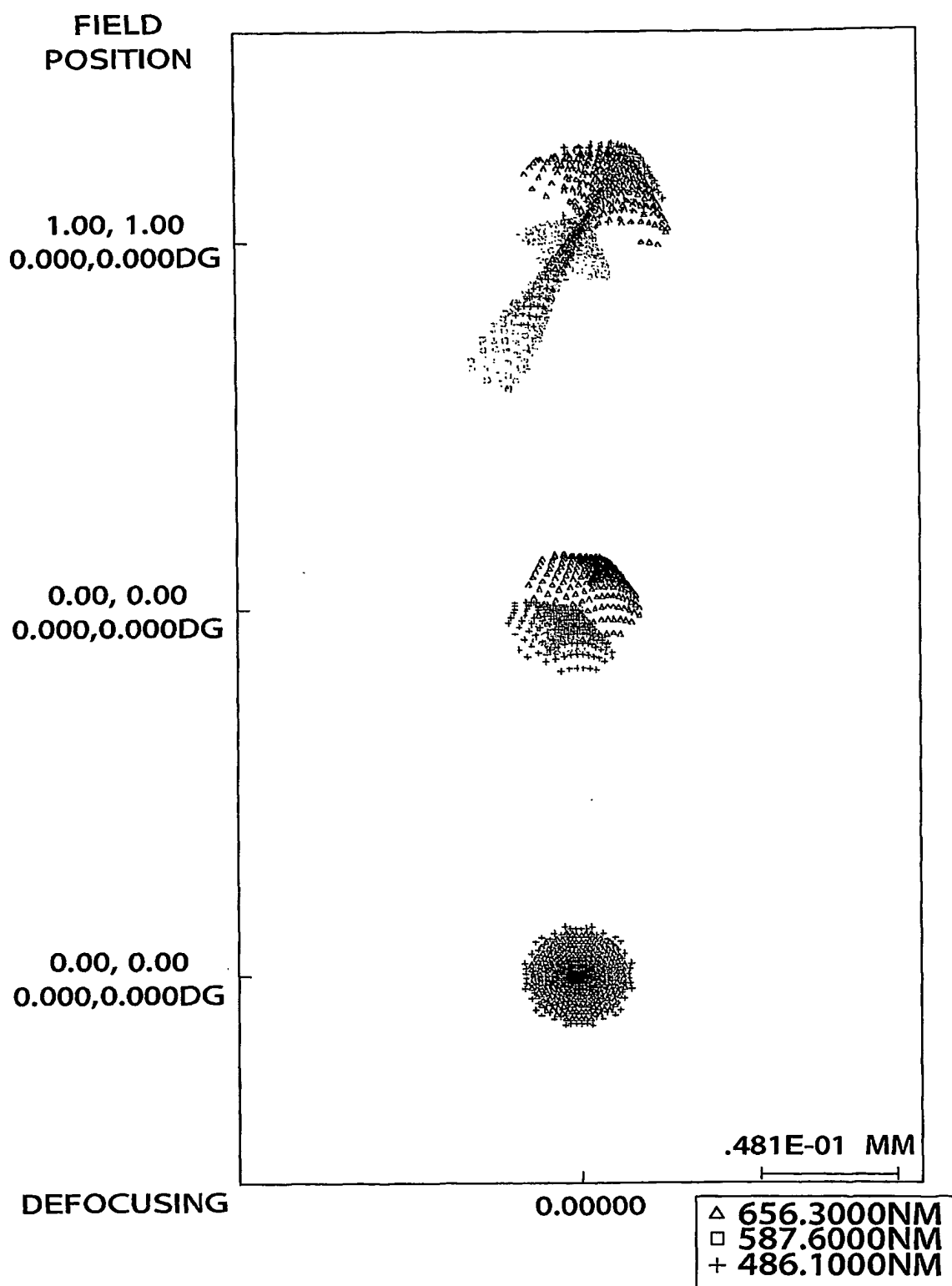
【図 1 1 A】



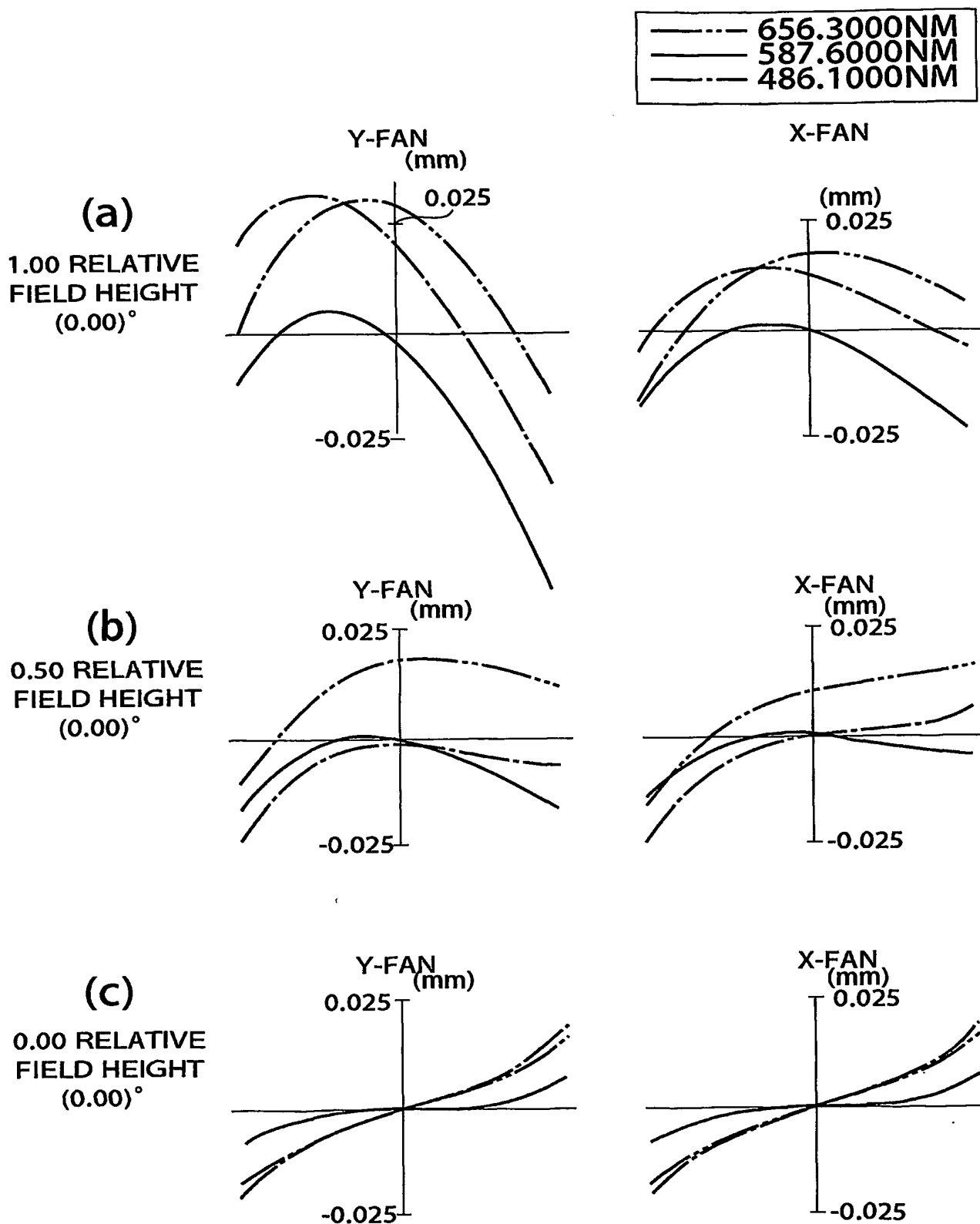
【図 1 1 B】



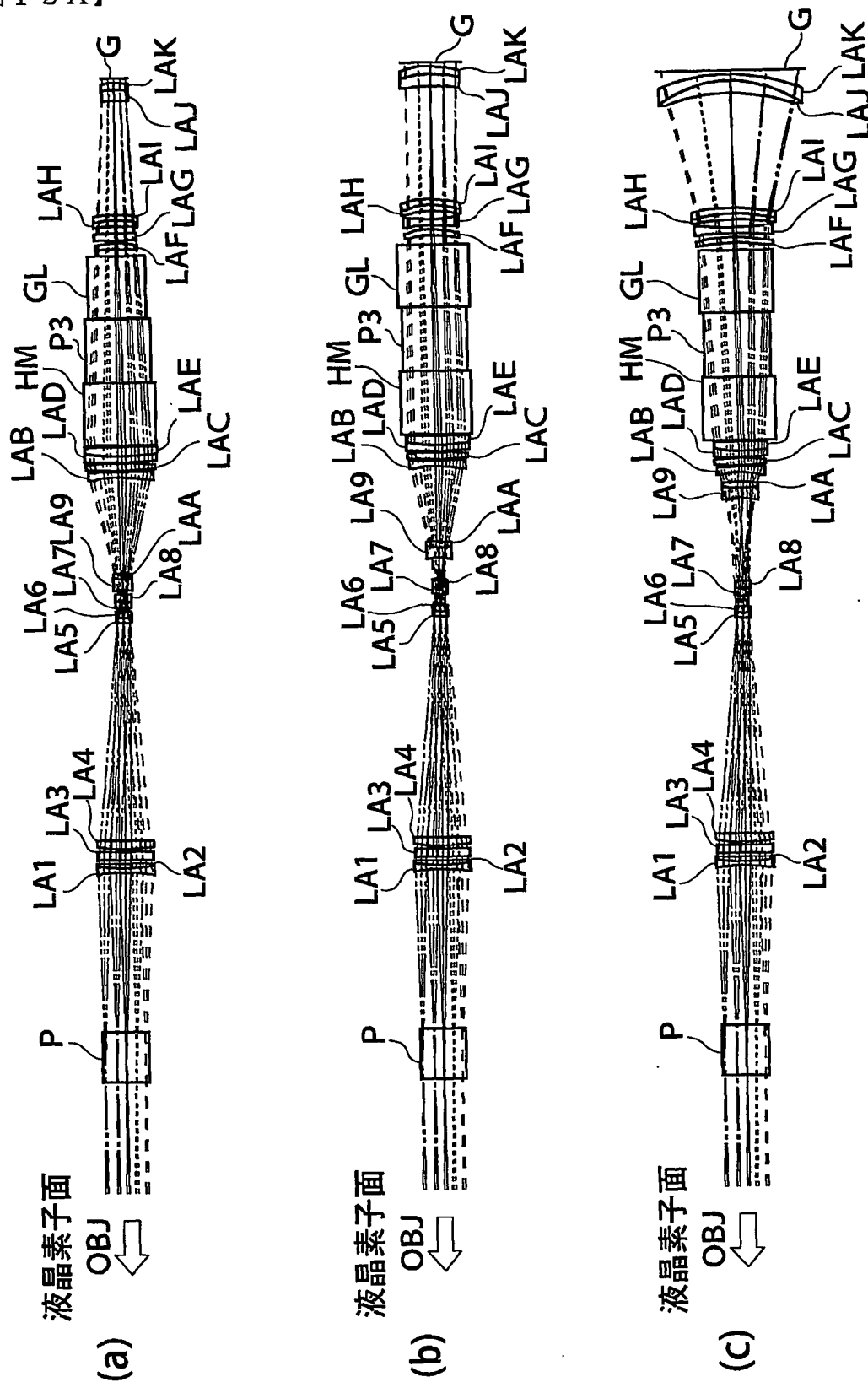
【図 11C】



【図 11D】

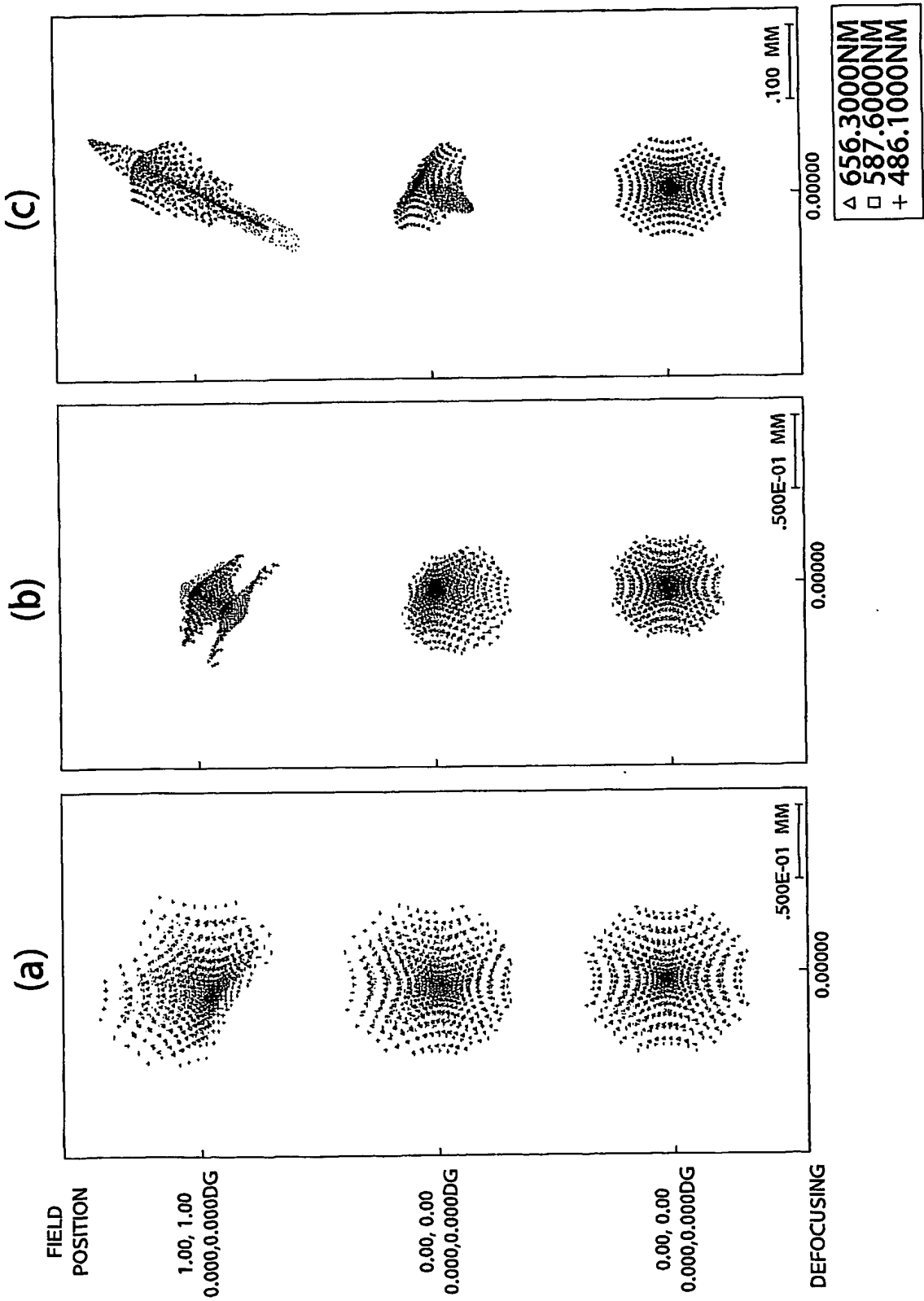


【図 1 2 A】

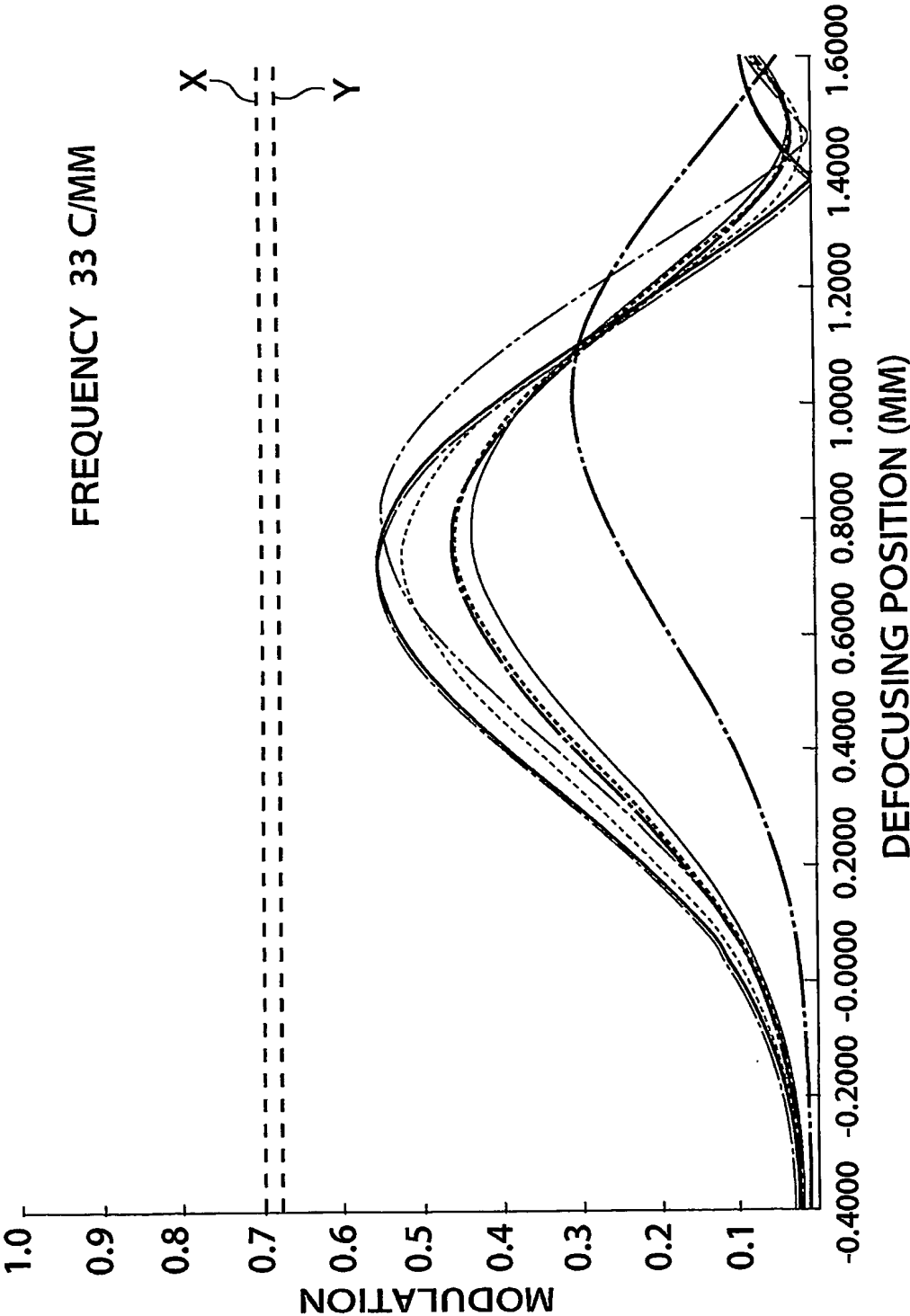




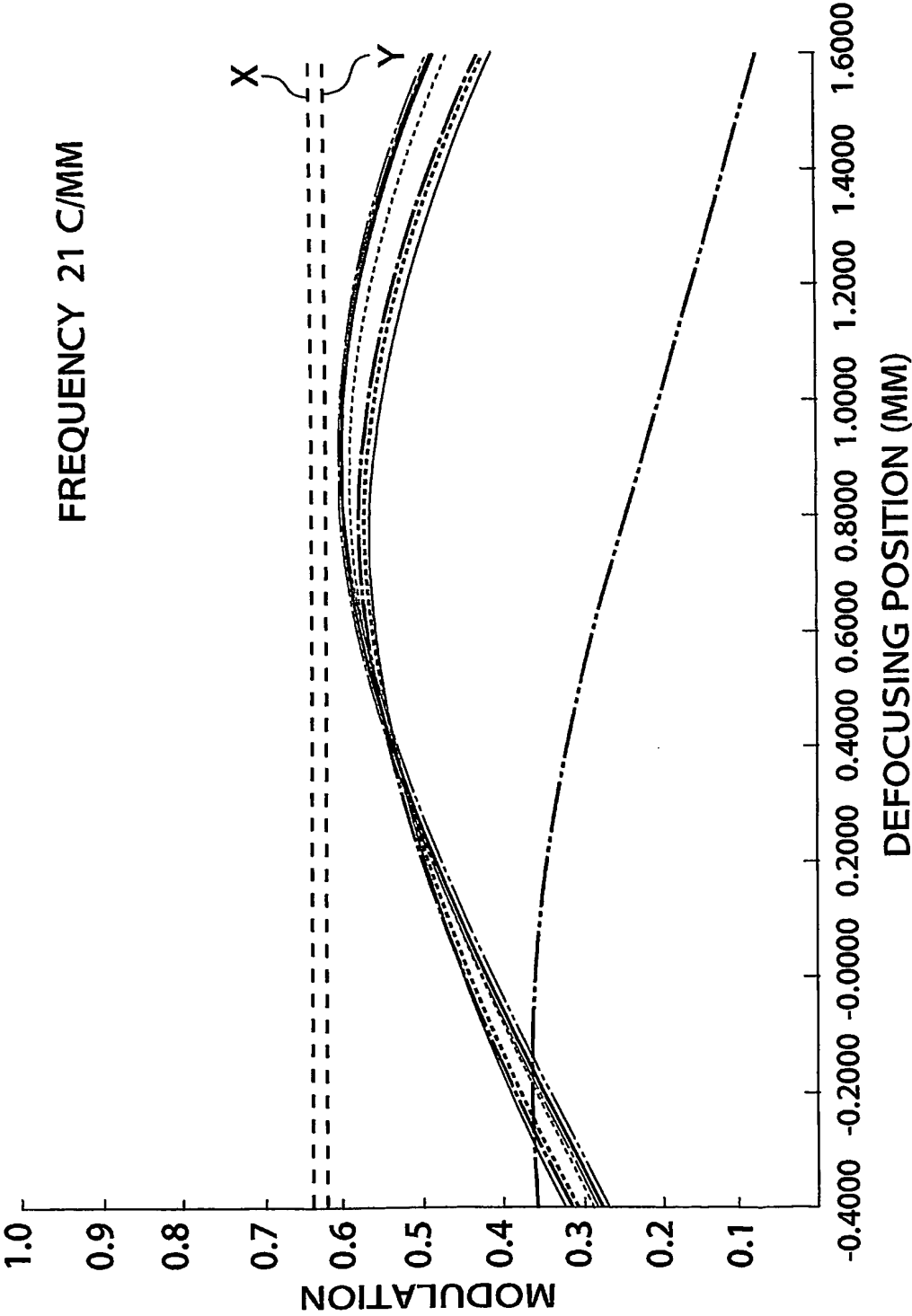
【図 1 2 B】



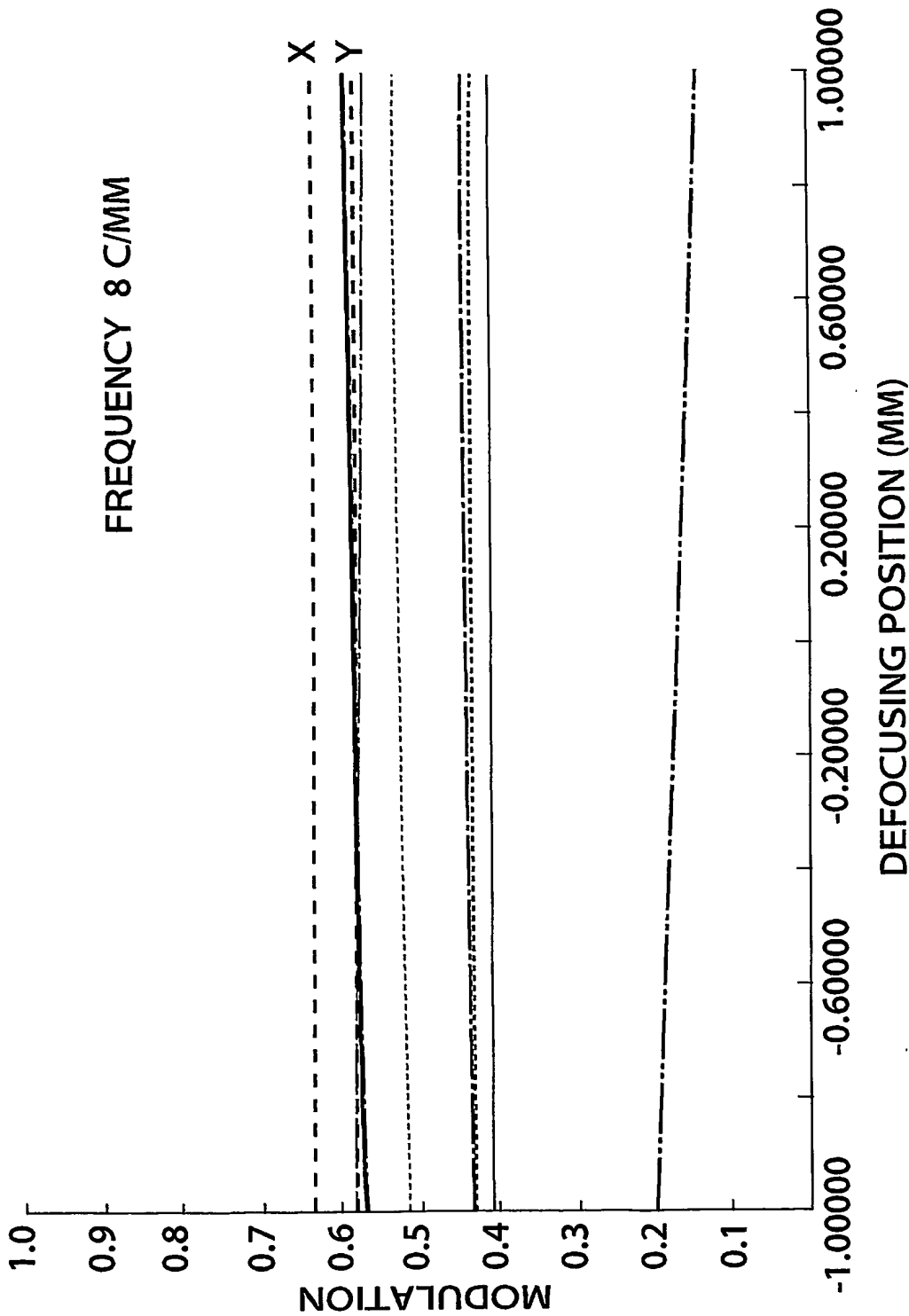
【図 1 2 C】



【図 1 2 D】



【図 1 2 E】

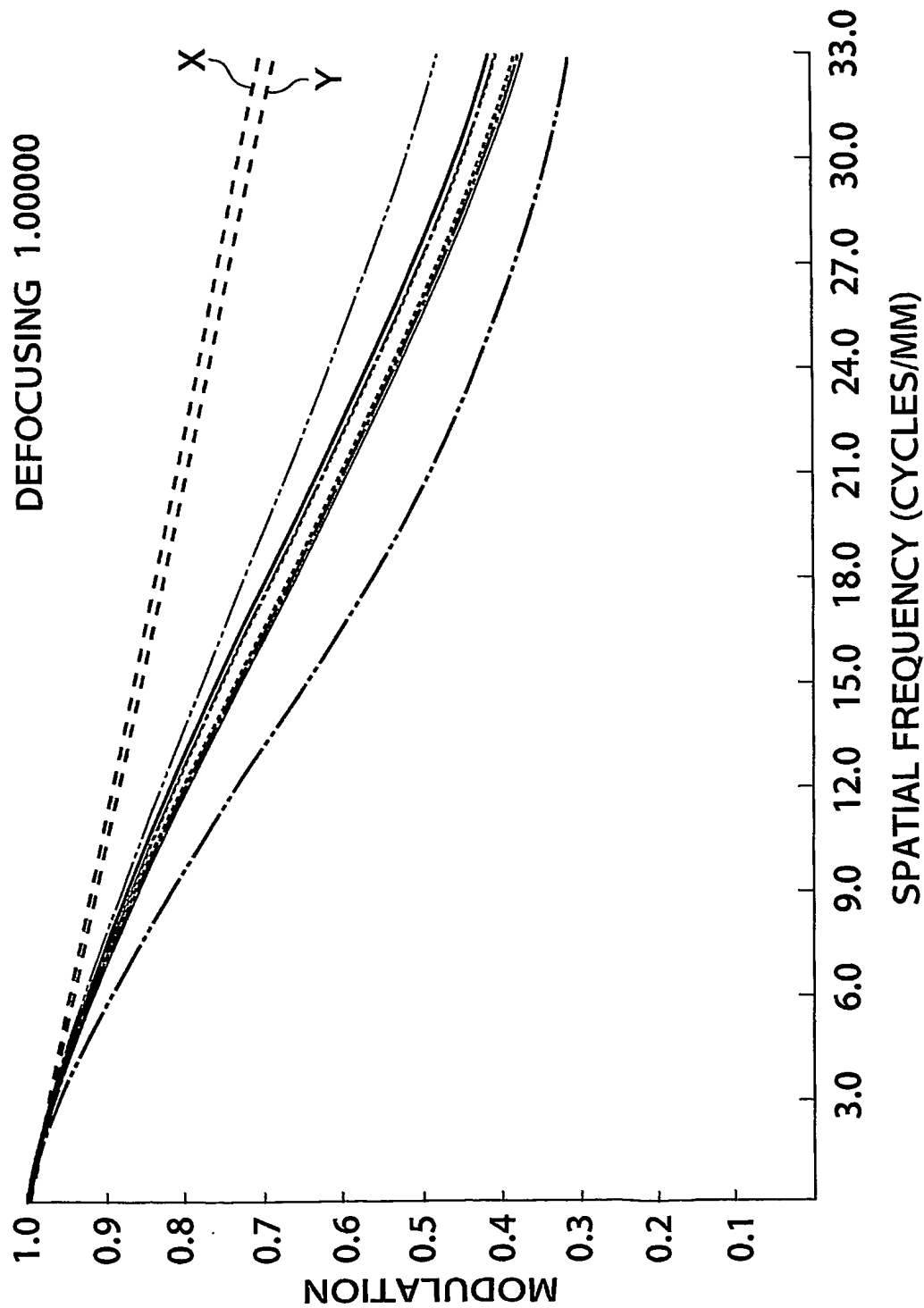


【図 1 2 F】

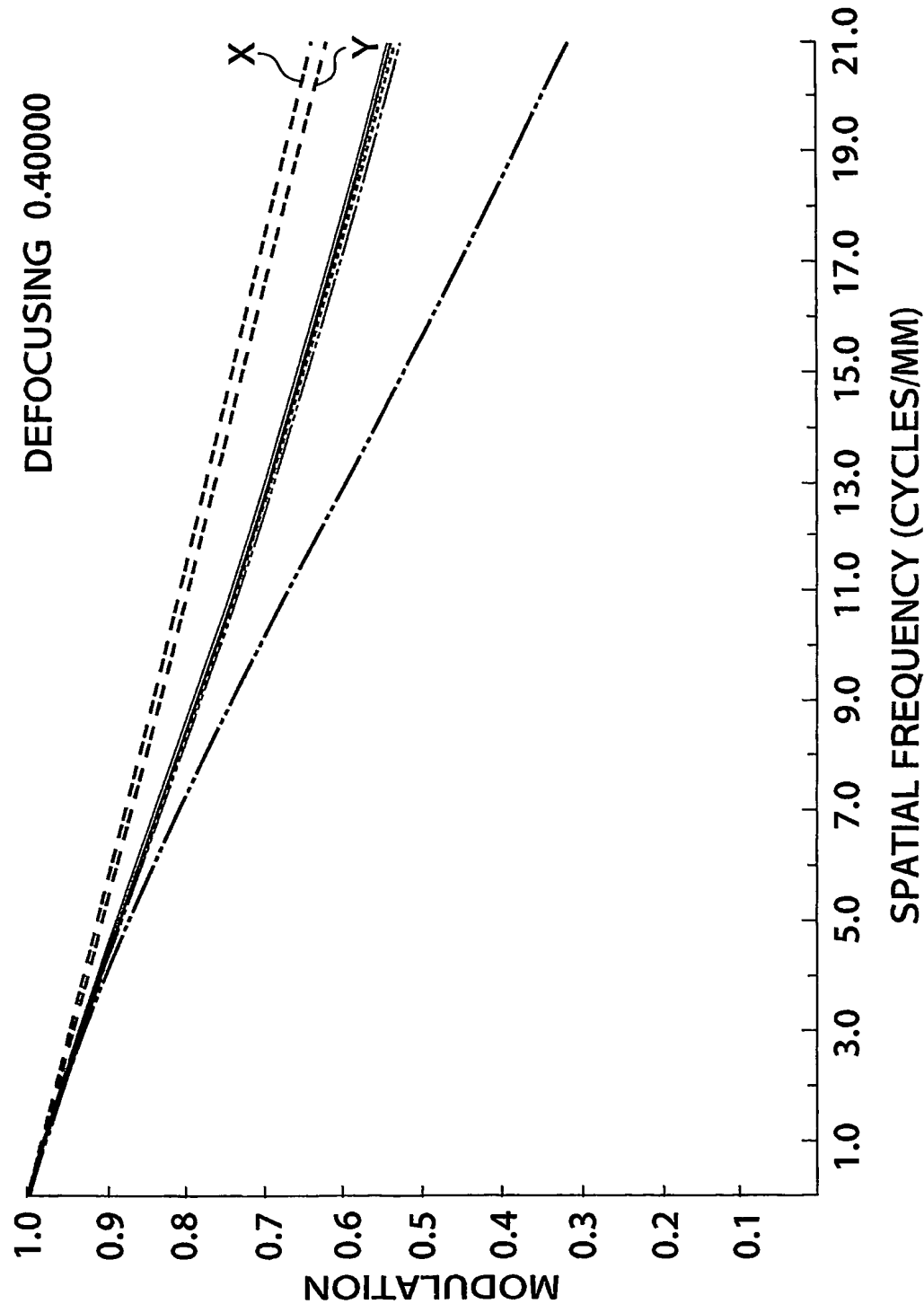
na=0.0025

ズーム系	単位	条件 1	条件 2	条件 3	条件 4	条件 5	条件 6	条件 7	条件 8	条件 9	条件 10	条件 11	条件 12	条件 13
S28	mm	1	2.17	3.47	4.22	4.72	5.06	5.3	5.57	5.66	5.64	5.527	5.362	5.108
S31	mm	1	2	4	6	8	10	12	16	20	25	30	35	41.5
S34	mm	50	47.83	44.53	41.78	39.28	36.94	34.7	30.43	26.34	21.36	16.473	11.638	5.392
像側近似AF面	mm	2.2073	2.2236	2.2151	2.2963	2.2947	2.3236	2.2535	2.1447	2.2917	2.2077	2.2104	2.2566	2.1962
スリ-投影像/2	mm	6.19	6.98	8.24	9.36	10.45	11.52	12.60	14.83	17.17	20.25	23.56	27.13	32.197
ファ-周期/視力	倍	0.87	0.98	1.16	1.32	1.47	1.62	1.78	2.09	2.42	2.85	3.32	3.82	4.53
評価周波数	Hz	34.13	34.13	29.42	25.89	23.20	21.04	19.23	16.34	14.12	11.97	10.29	8.93	7.53
視野角度 (片側)	度	18.50	20.67	24.01	26.85	29.46	31.92	34.28	38.74	42.87	47.60	51.87	55.72	60.13
MTF0	%	36.5%	37.7%	52.0%	55.2%	54.0%	54.5%	53.3%	54.4%	51.0%	51.4%	46.0%	47.7%	44.0%
MTF0.5	%	36.4%	38.4%	53.4%	56.2%	54.5%	55.1%	53.6%	54.2%	52.4%	54.5%	49.1%	50.8%	44.2%
MTF1	%	31.5%	30.9%	37.9%	42.2%	40.1%	31.1%	27.7%	21.3%	19.0%	17.9%	25.2%	26.9%	16.9%
バ-ス-フォ-ス	mm	1	1	0.8	0.6	0.4	0.4	0.2	0	-0.4	0.8	0	0.2	0

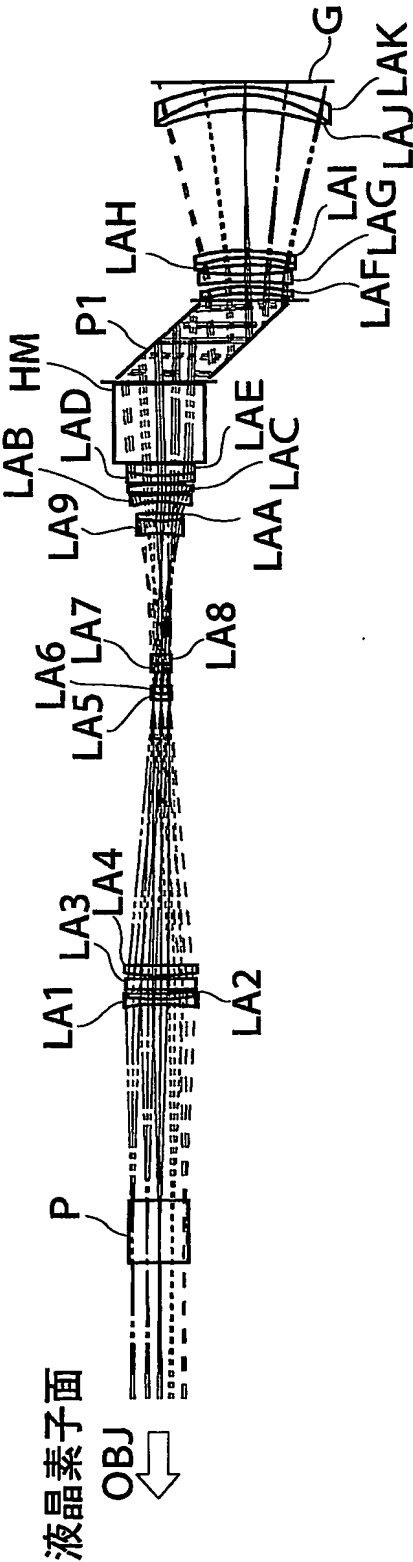
【図 1 2 G】



【図 1 2 H】

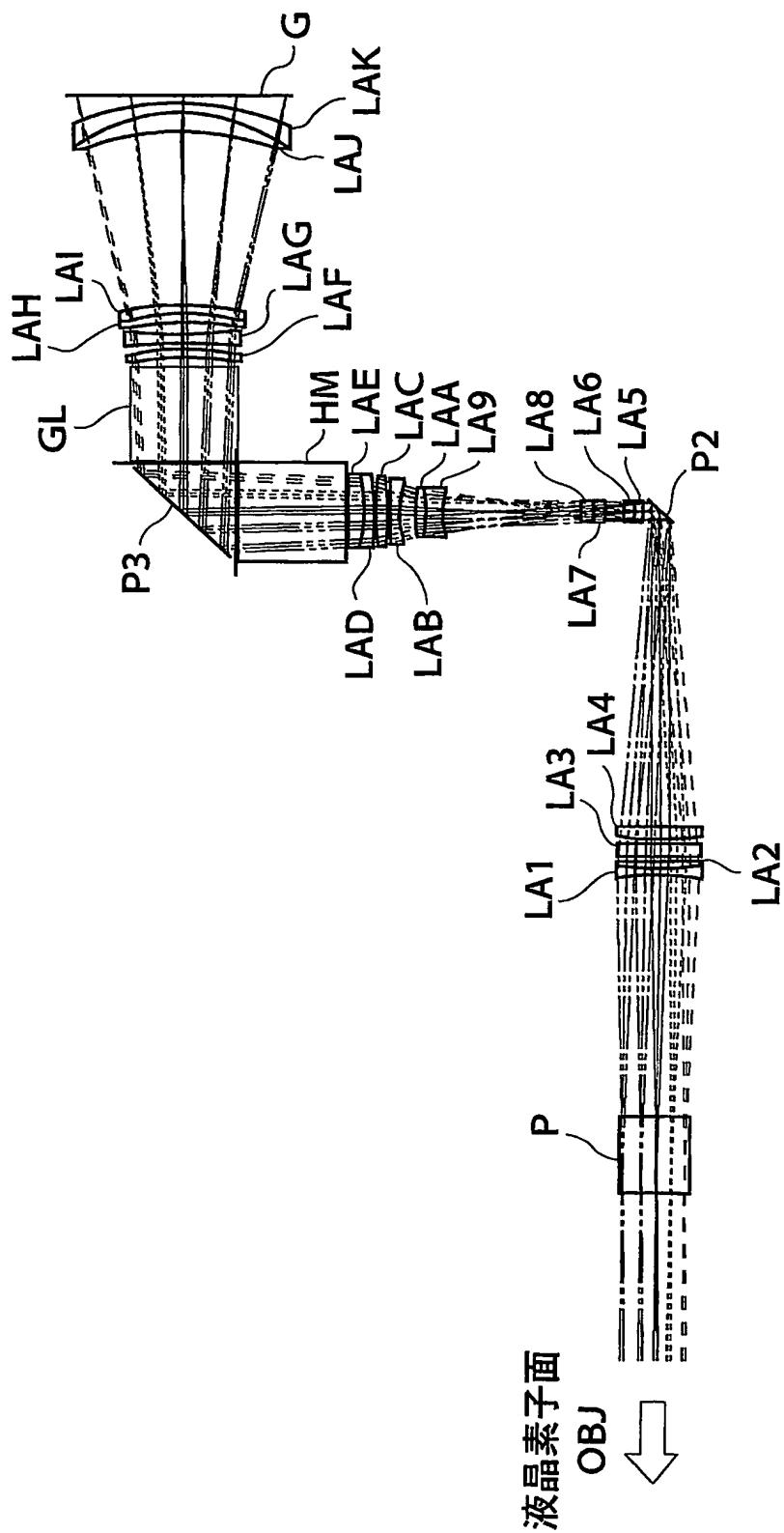


【図 1 3 A】

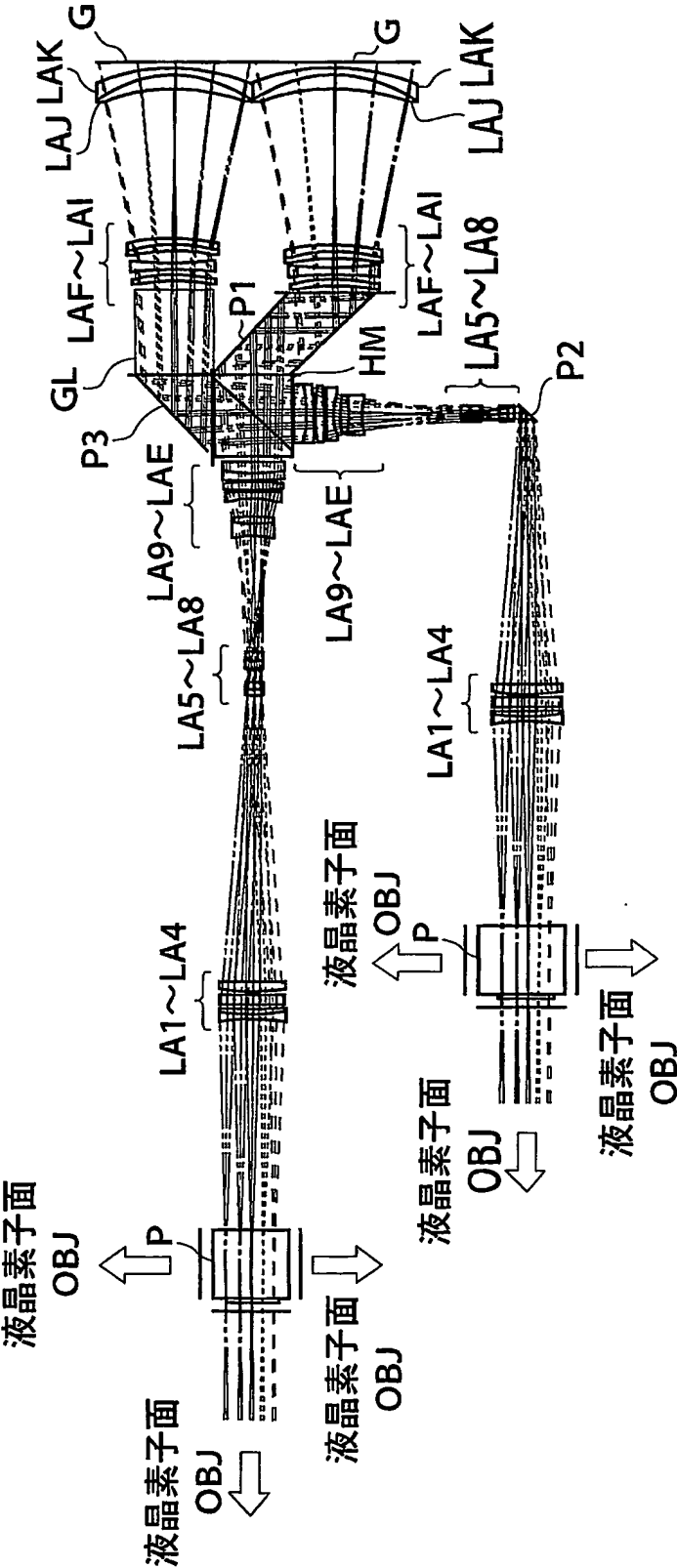




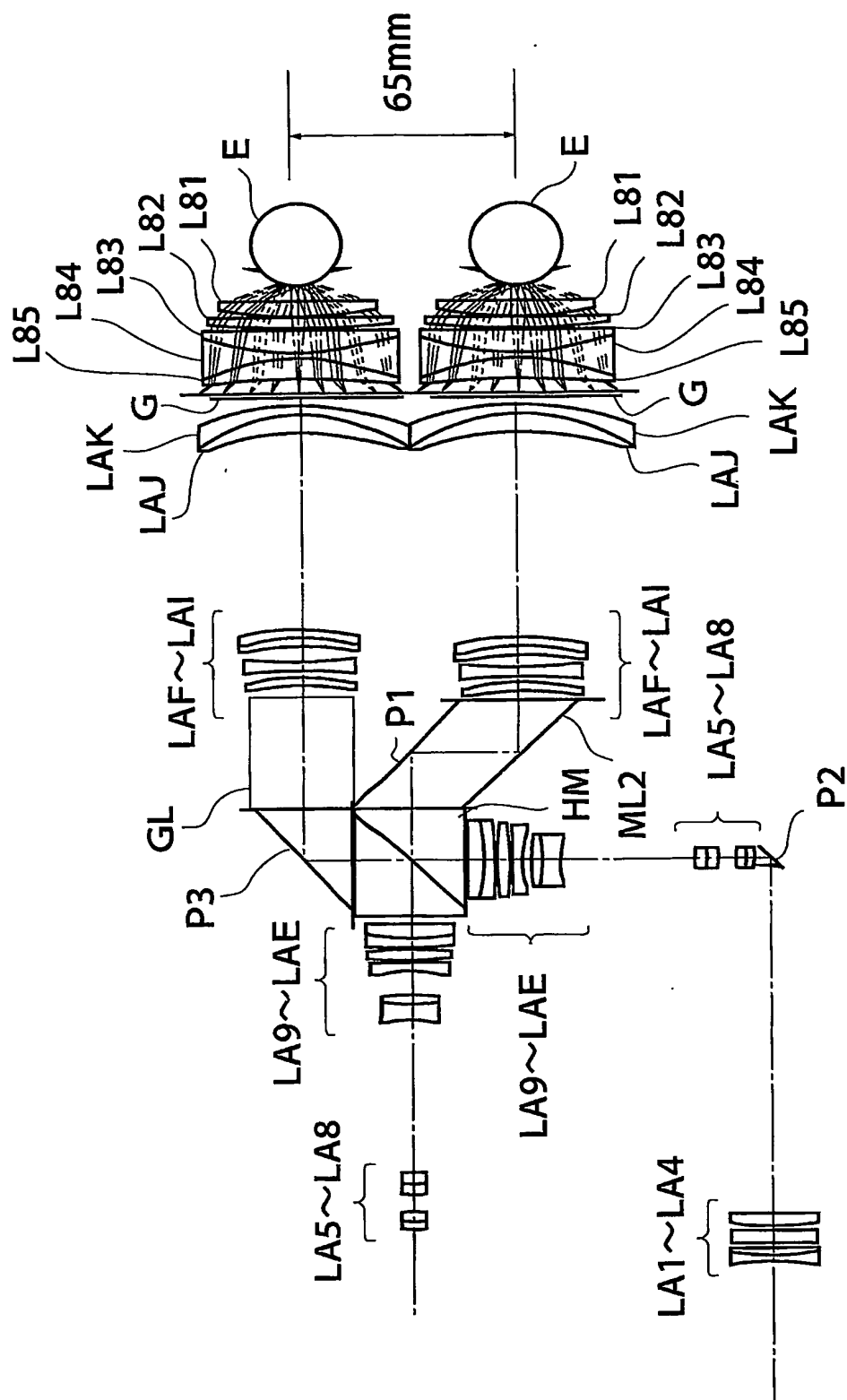
【図 13B】



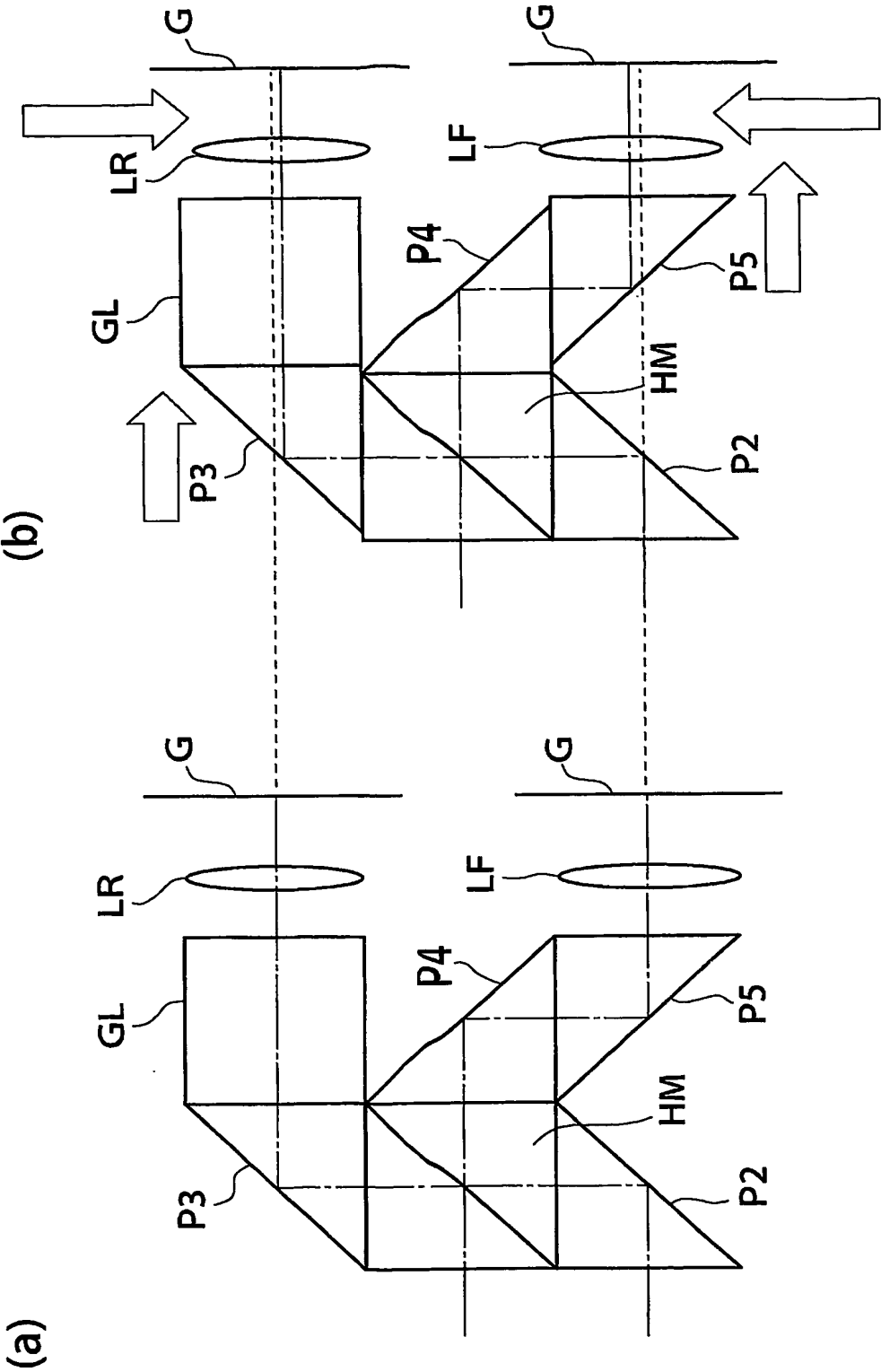
【図 13 C】



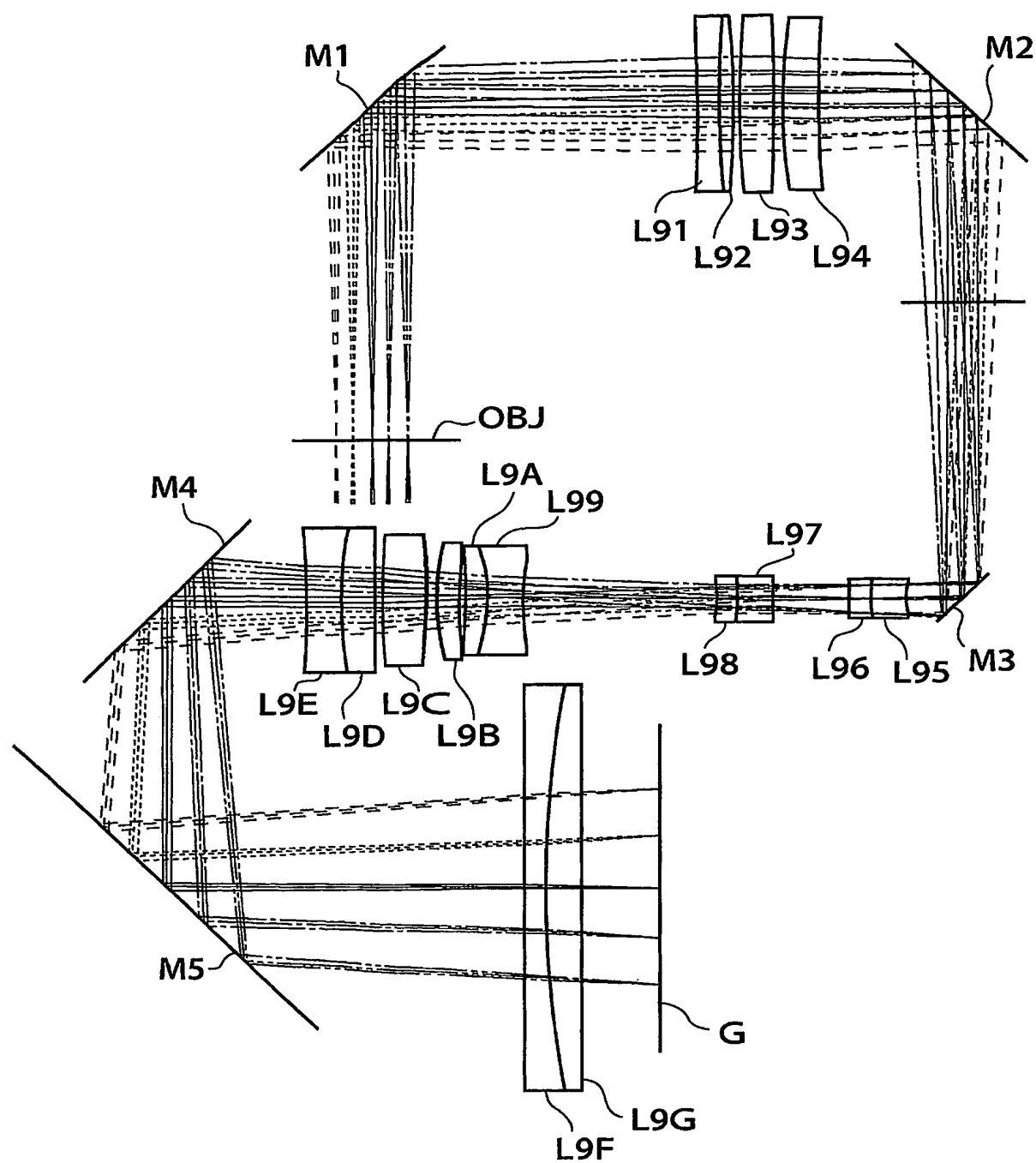
【図13D】



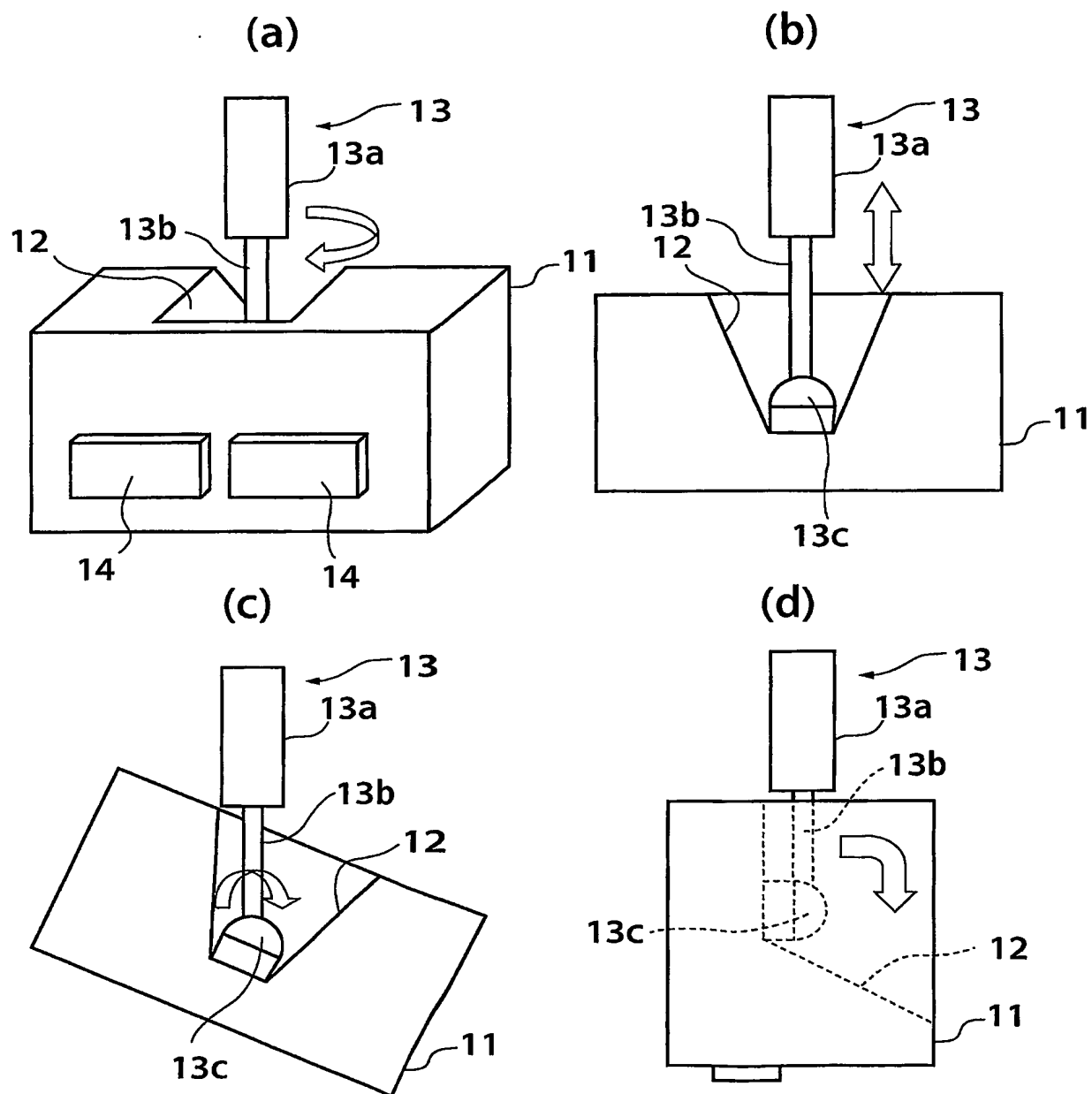
【図13E】



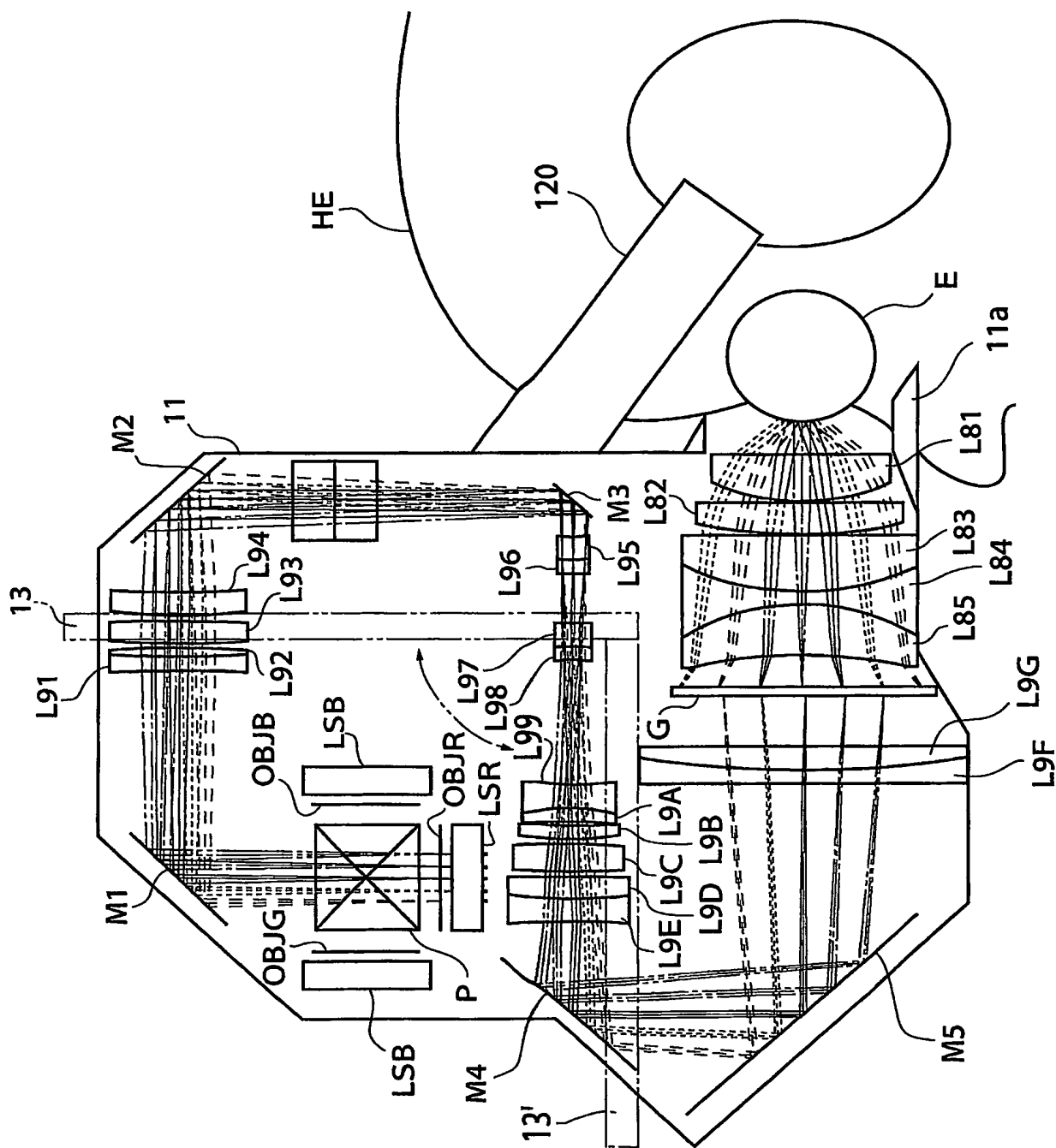
【図 14】



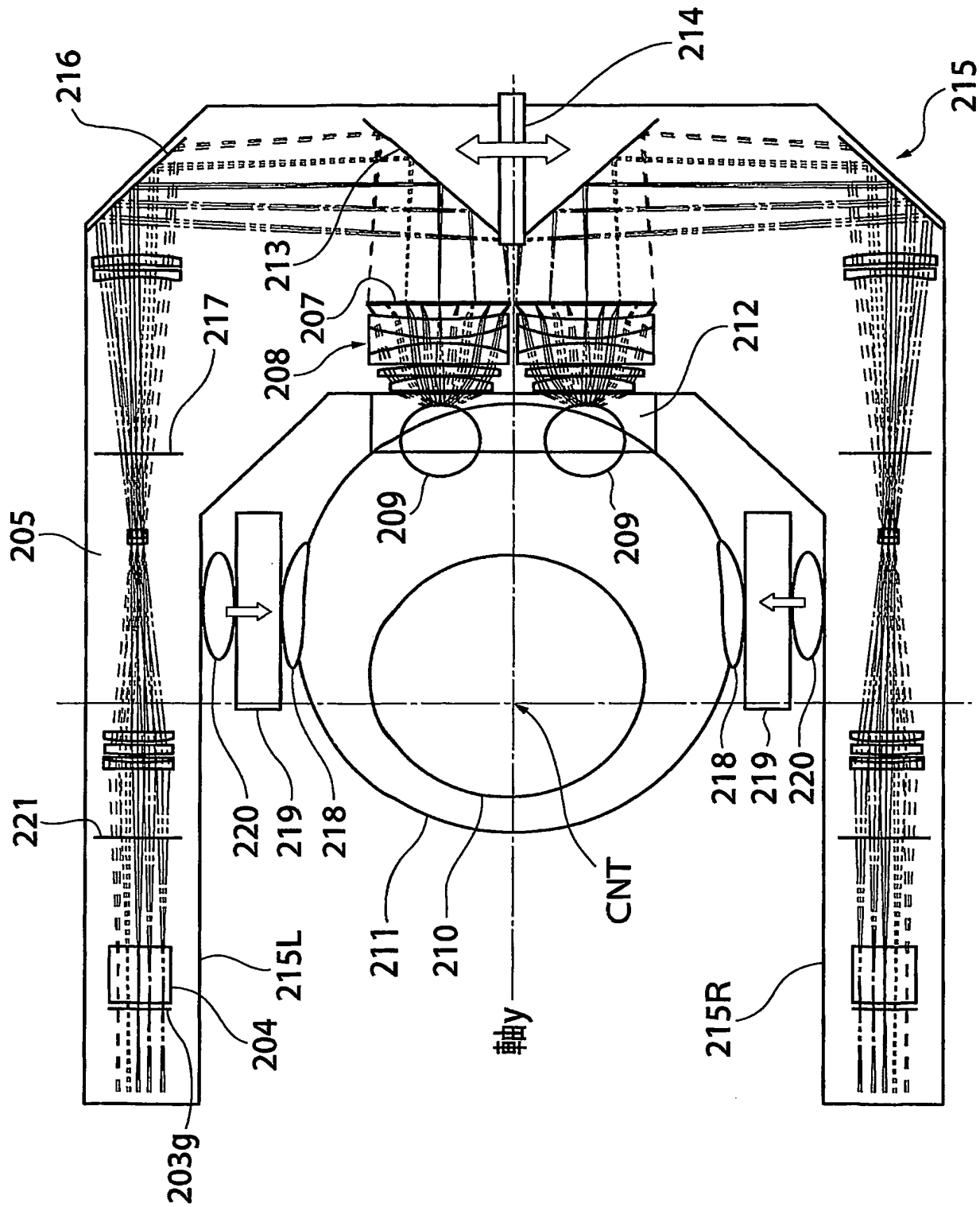
【図 15】



【図 16】

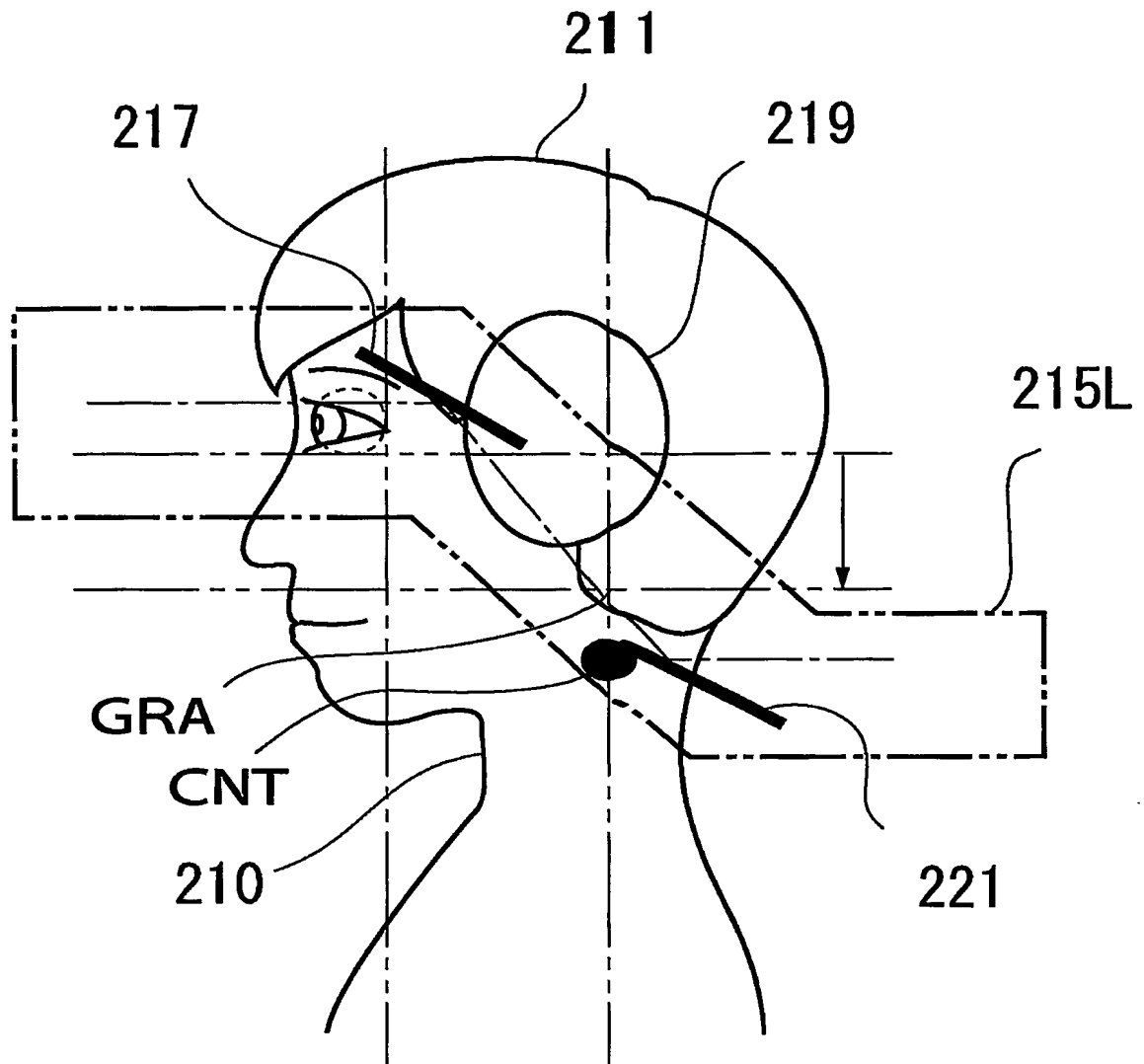


【図 1 7 A】

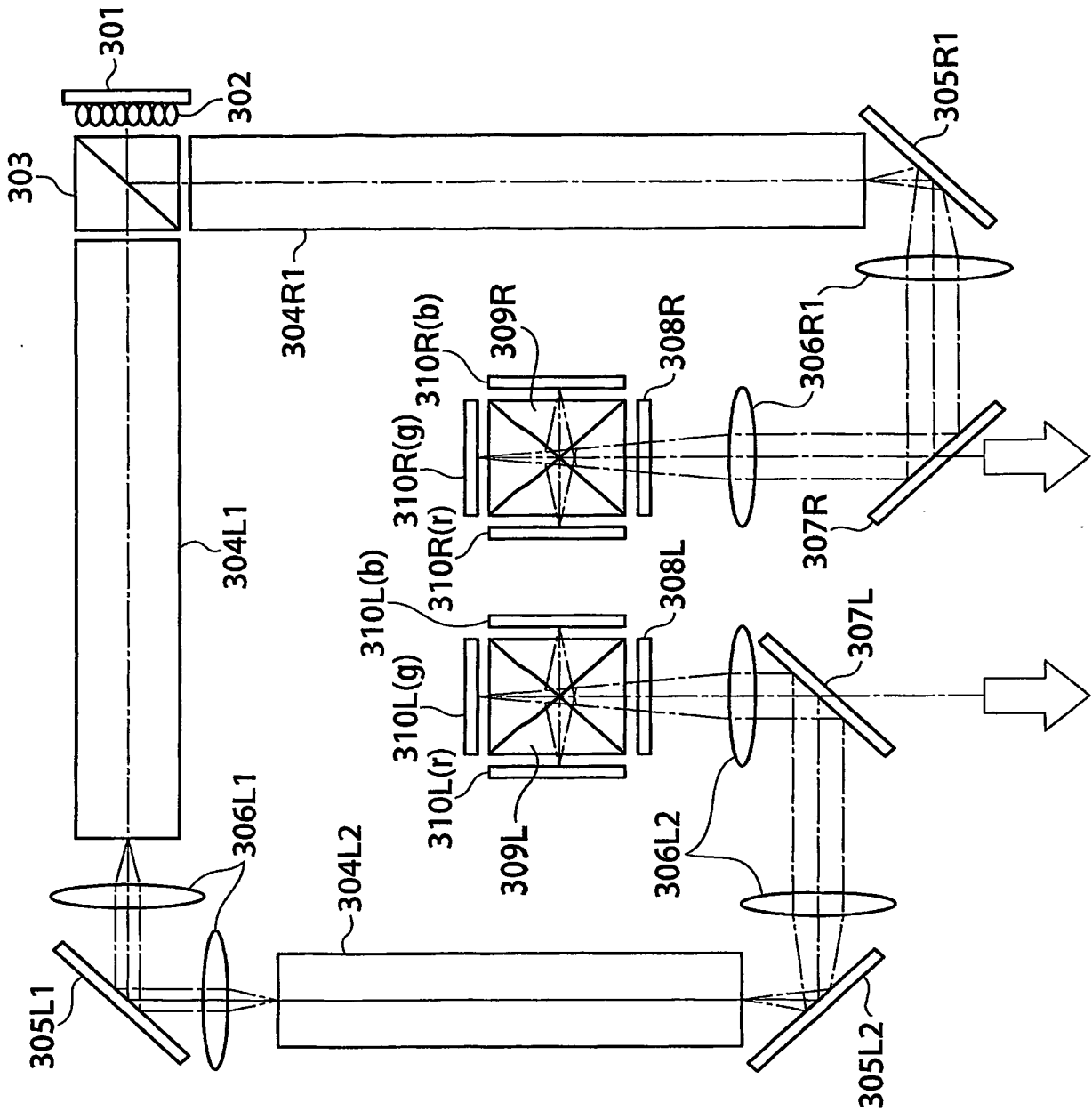




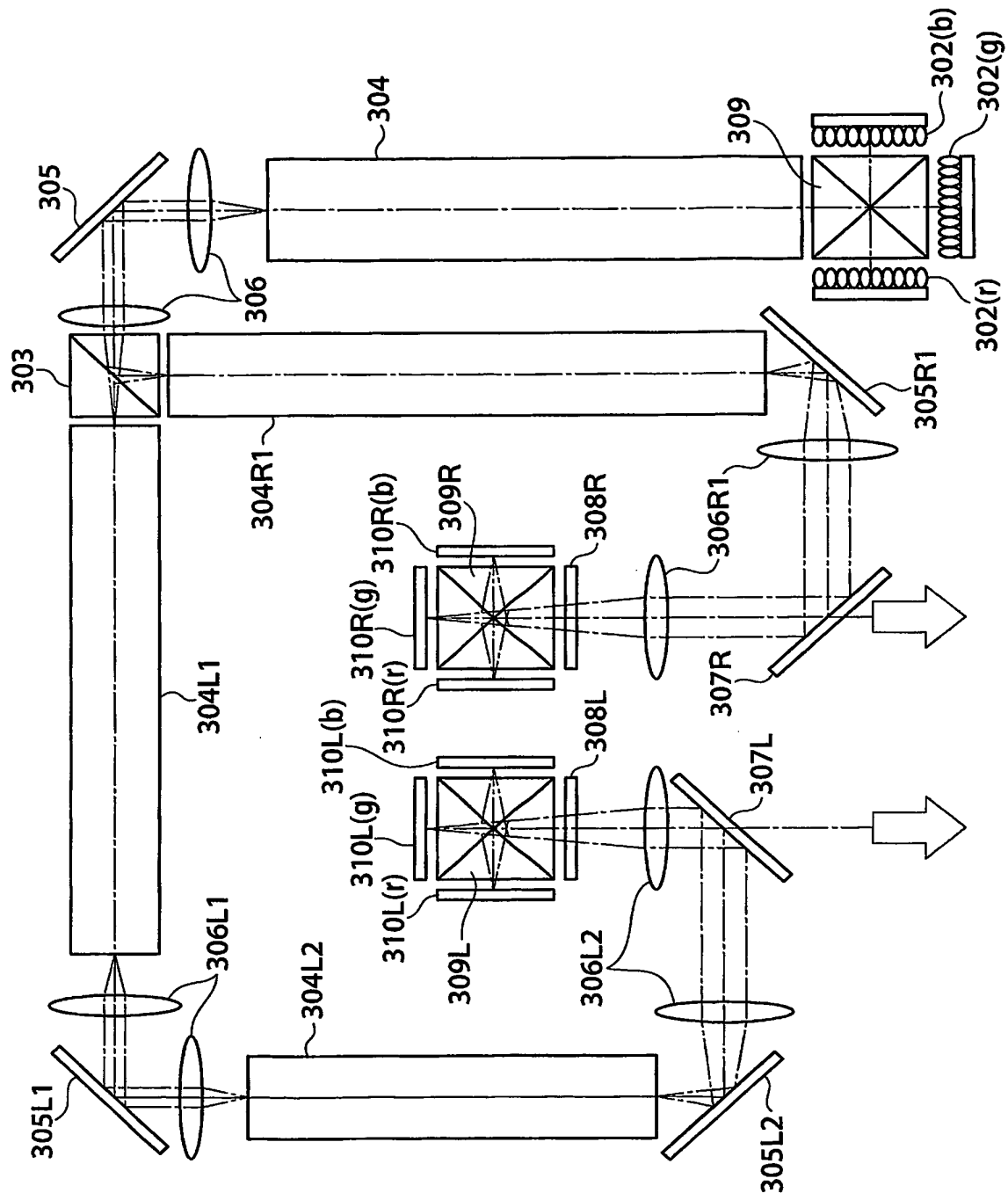
【図 17 B】



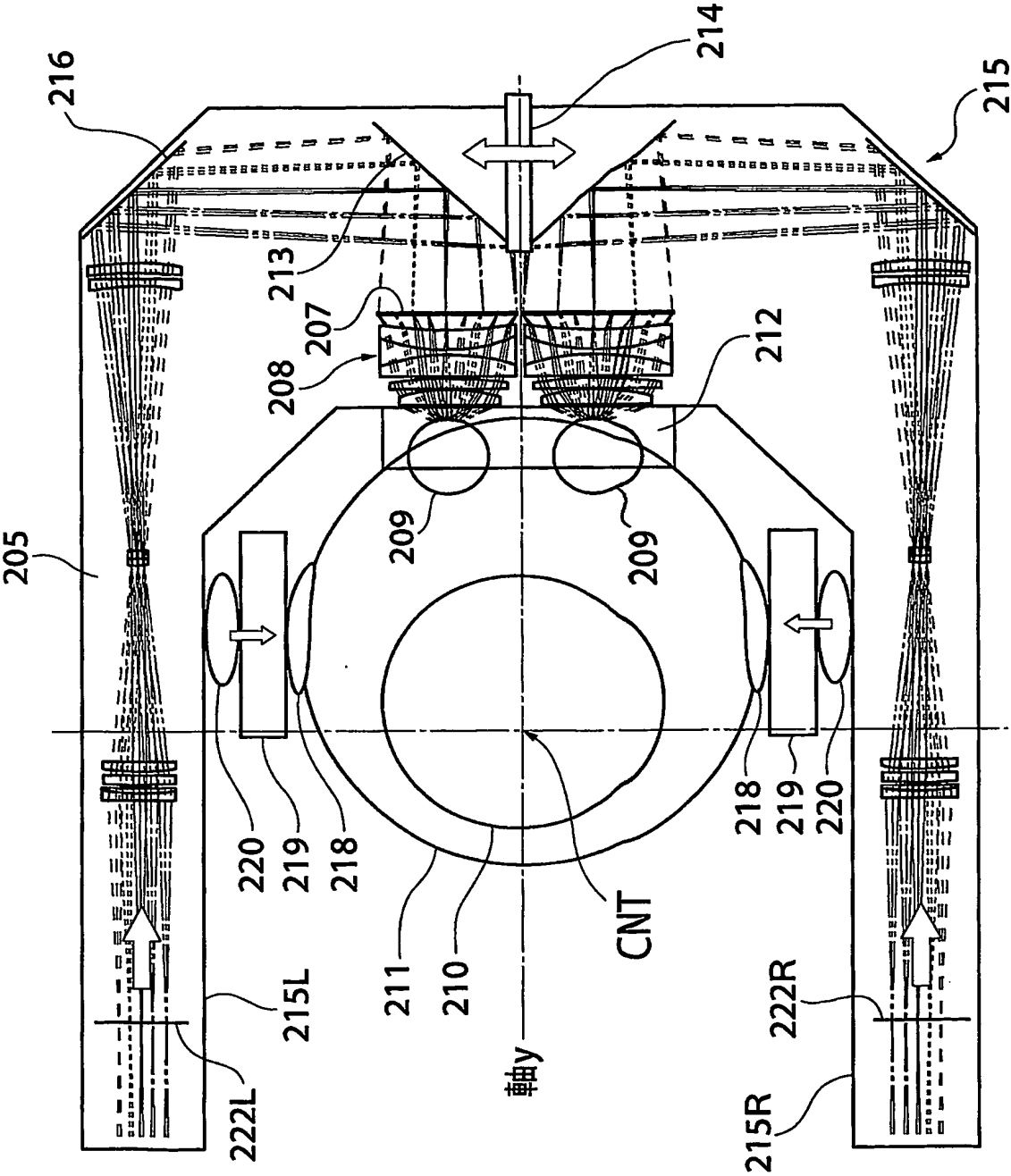
【図 18】



【図 19】

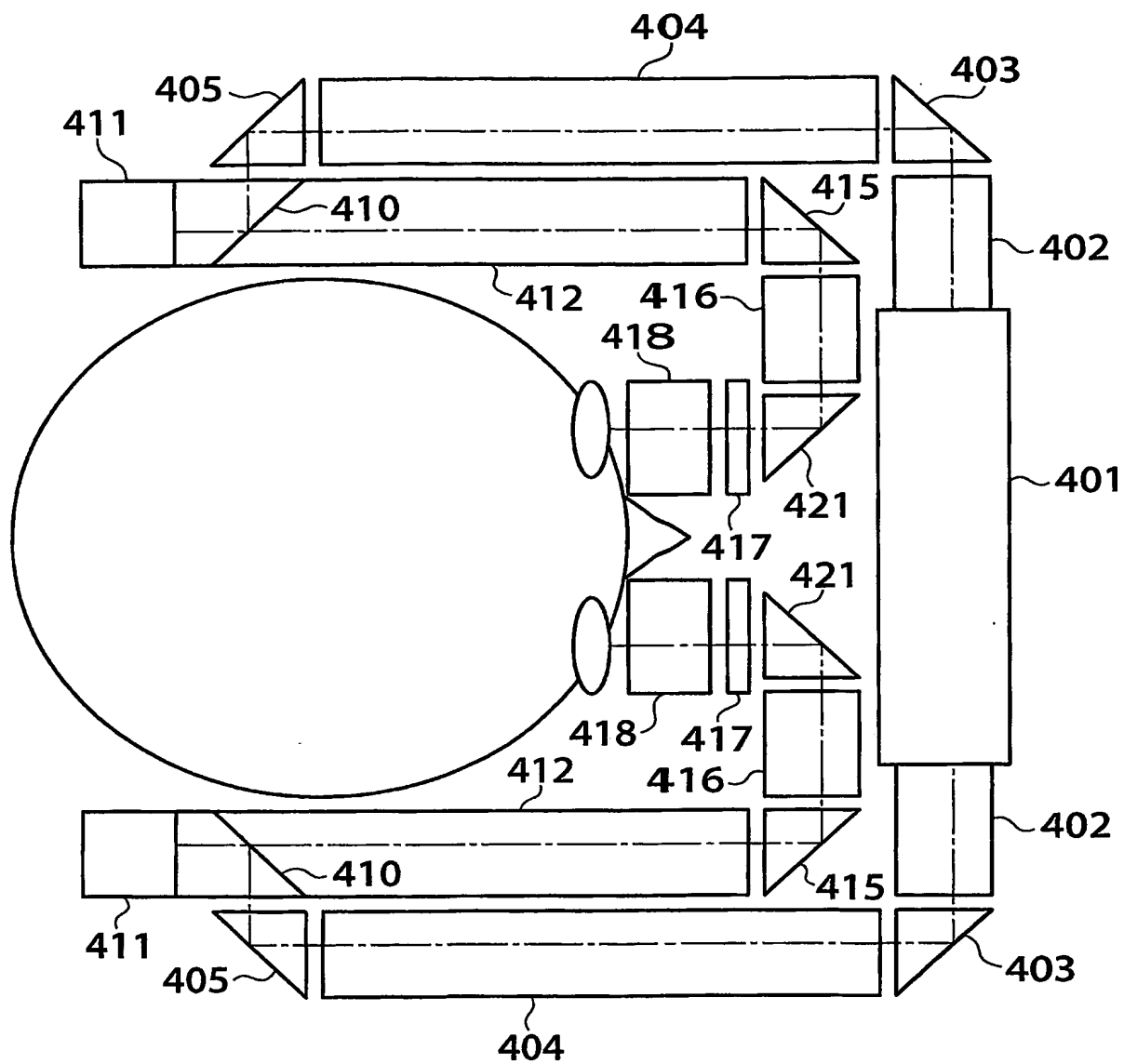


【図 20】

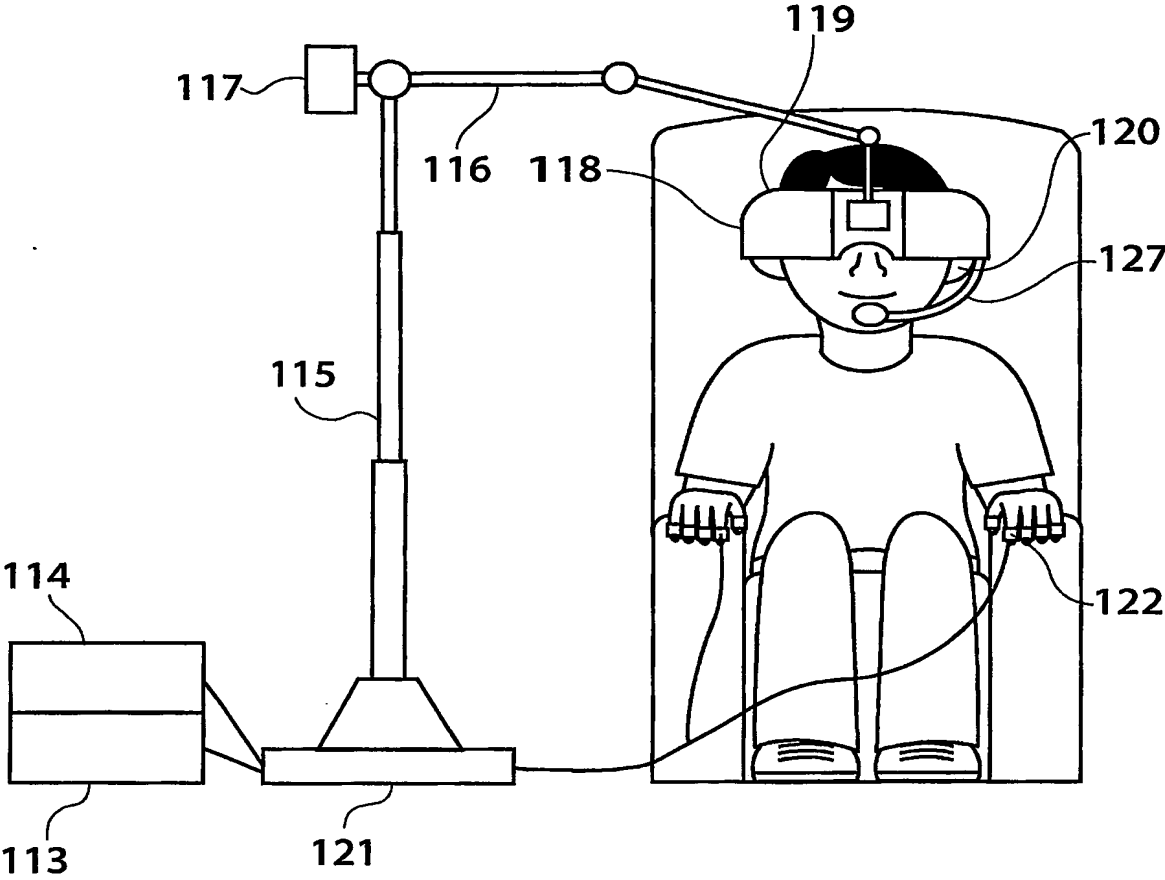




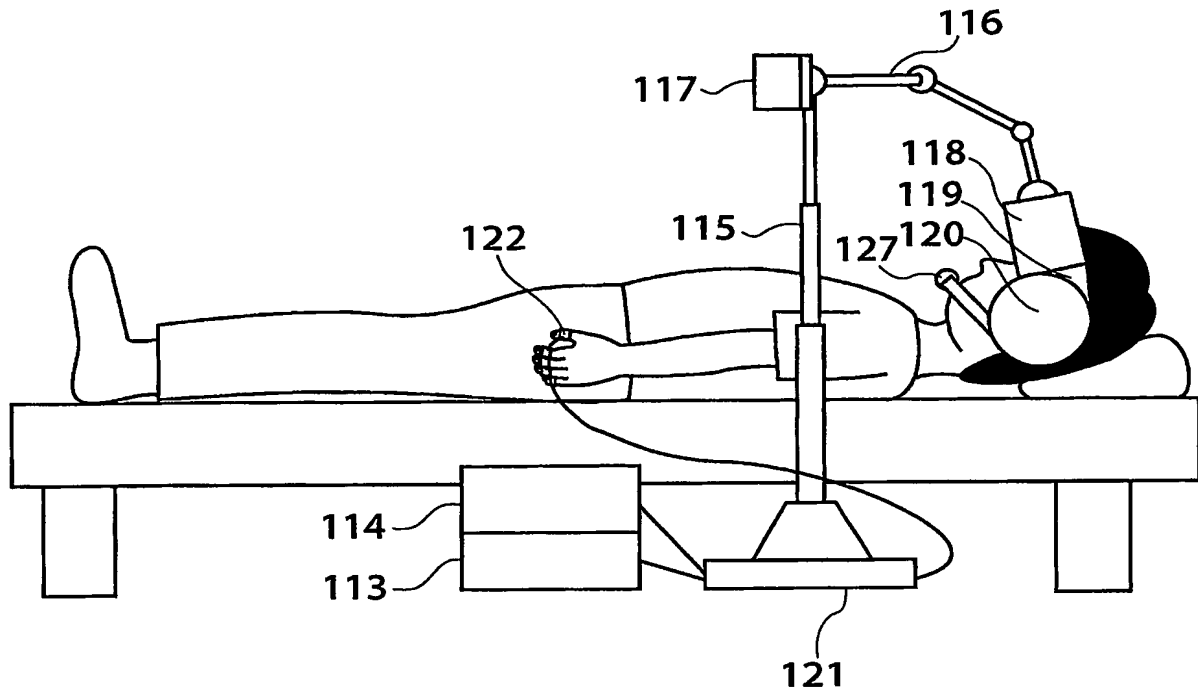
【図 2 2】



【図 23】

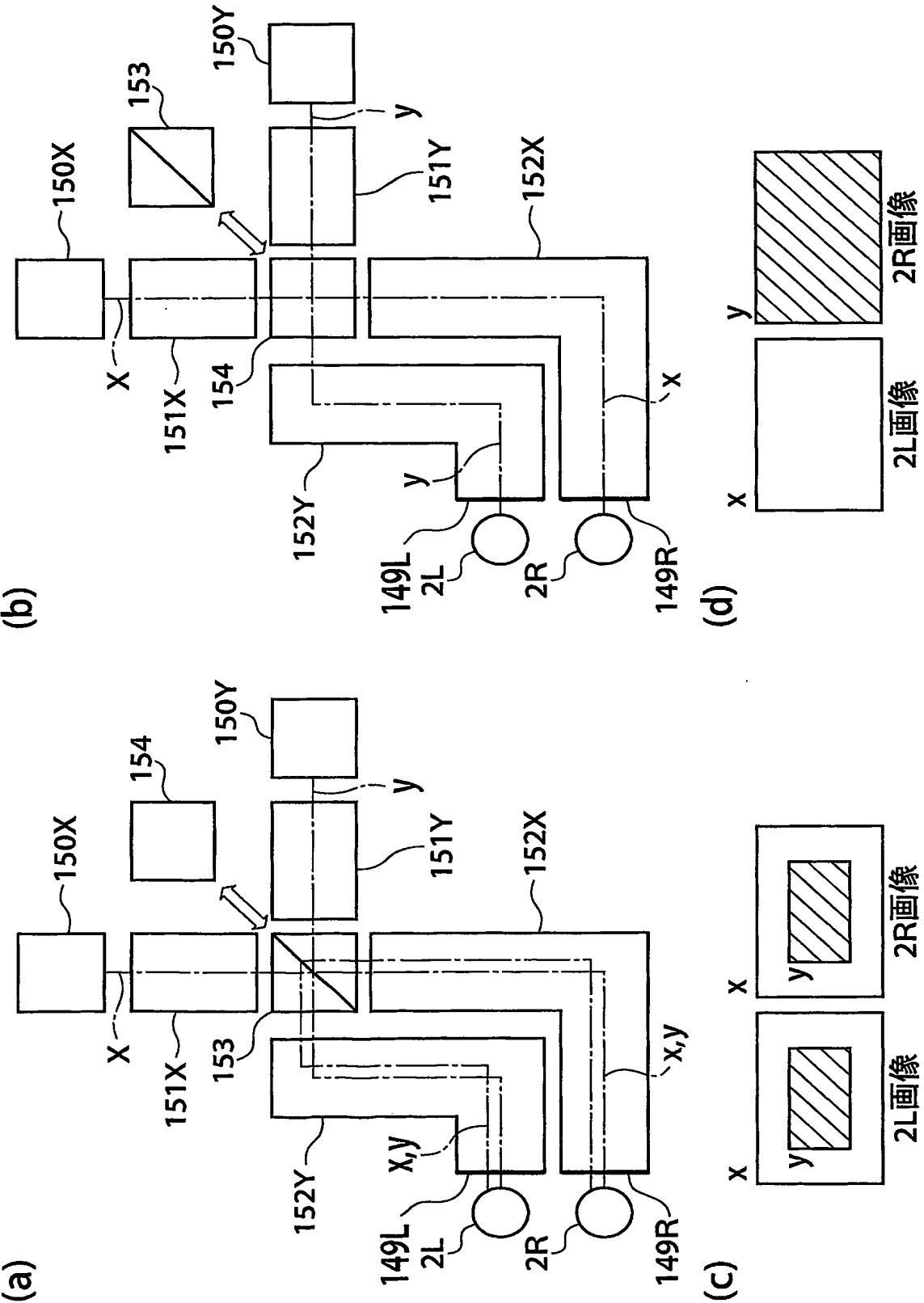


【図 24】

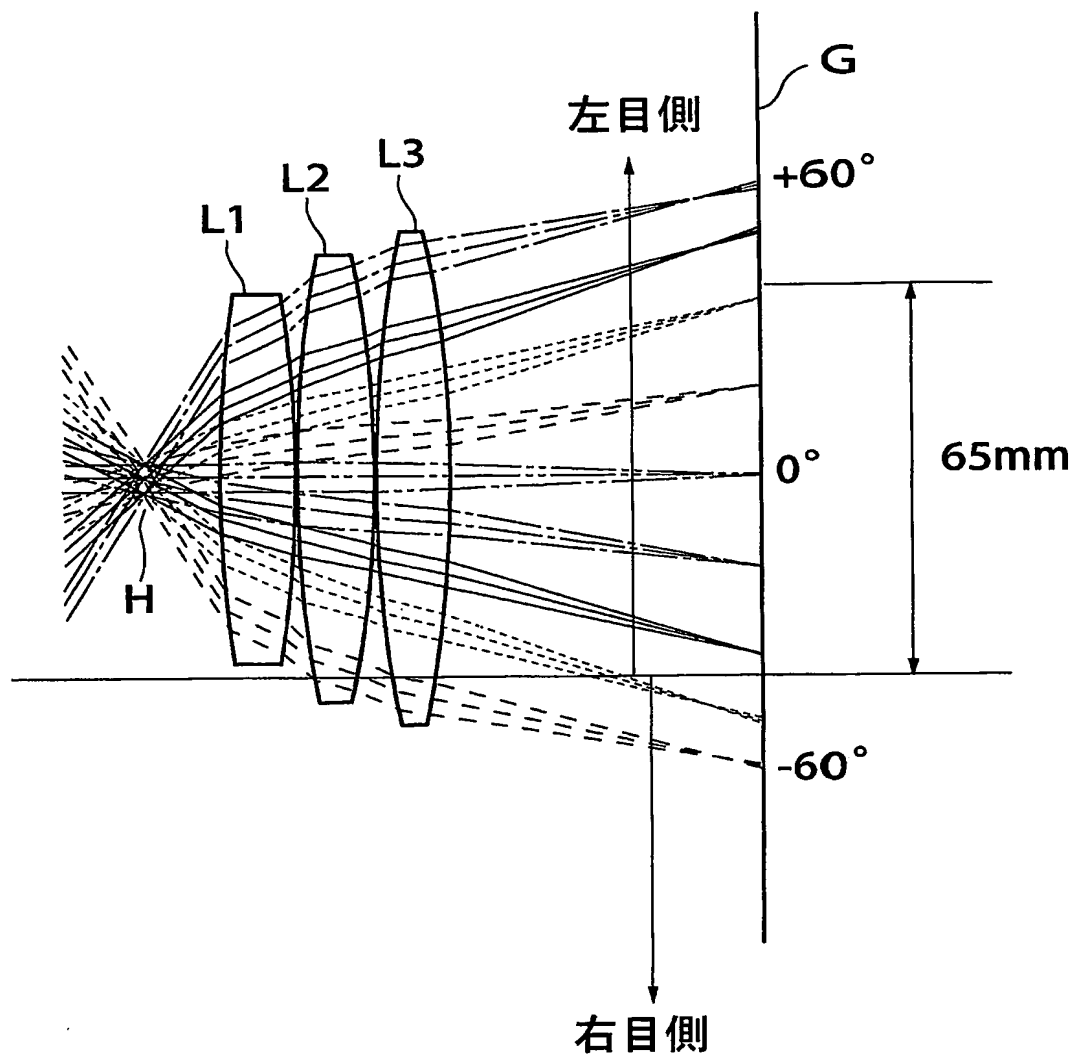




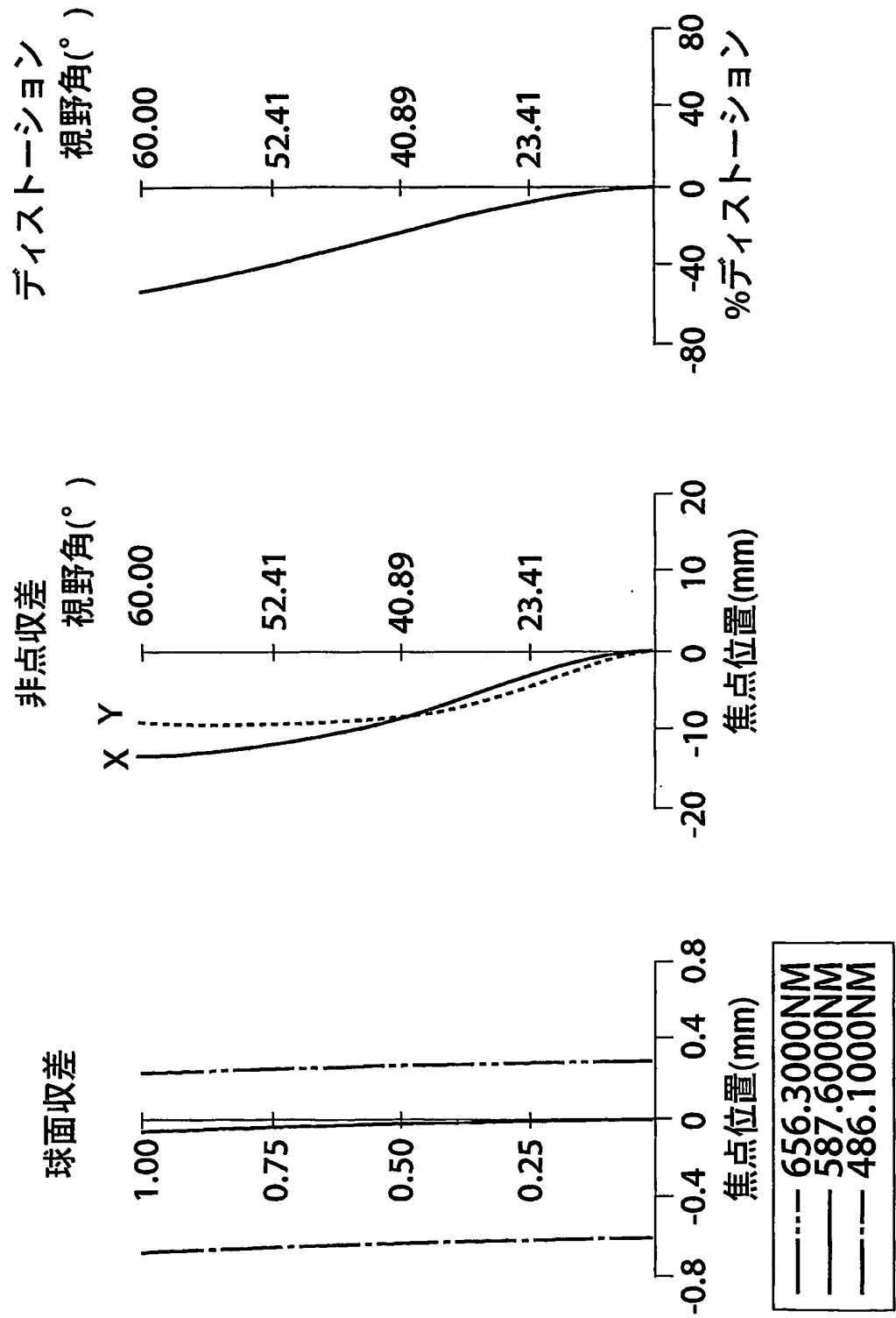
【図 25】



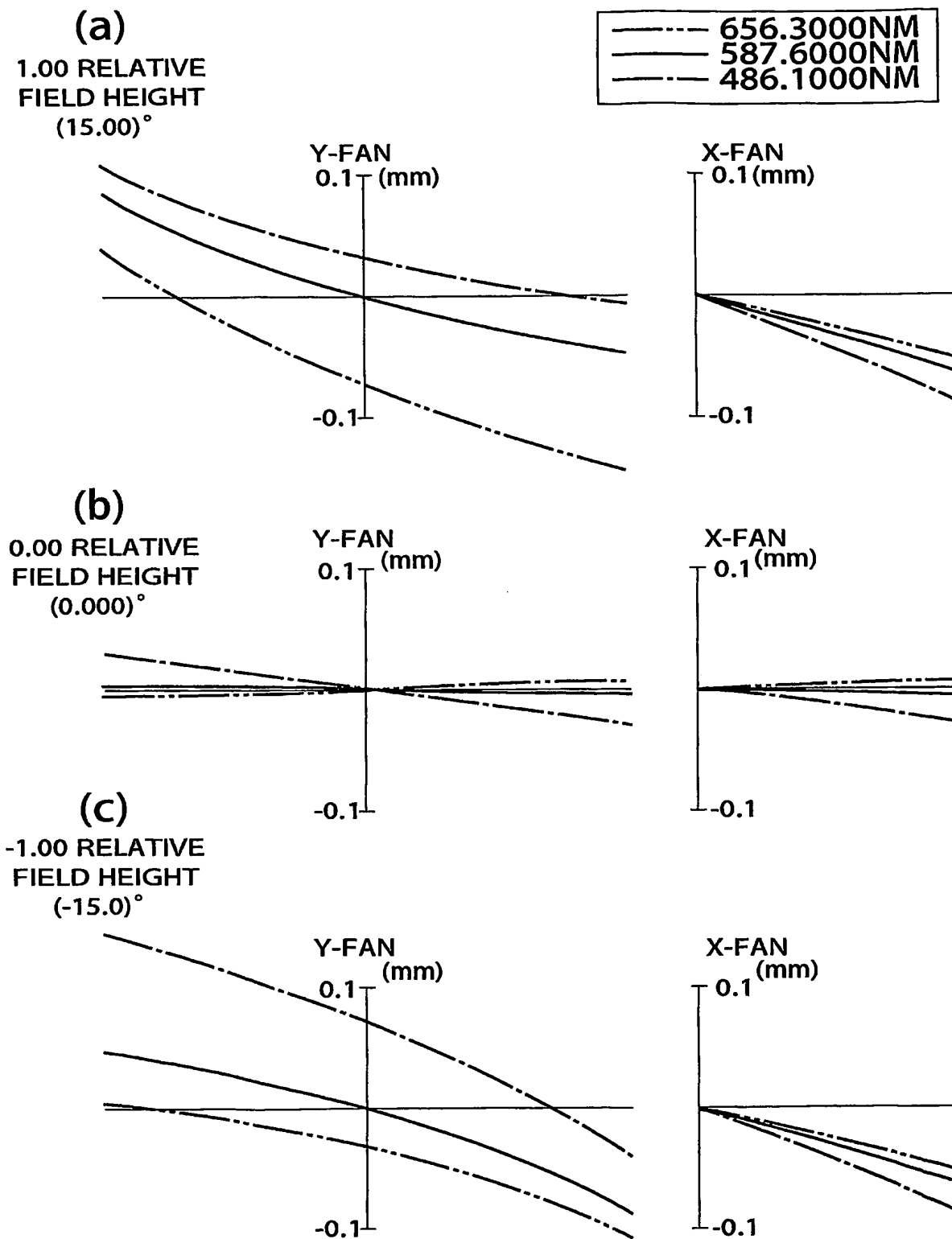
【図 26 A】



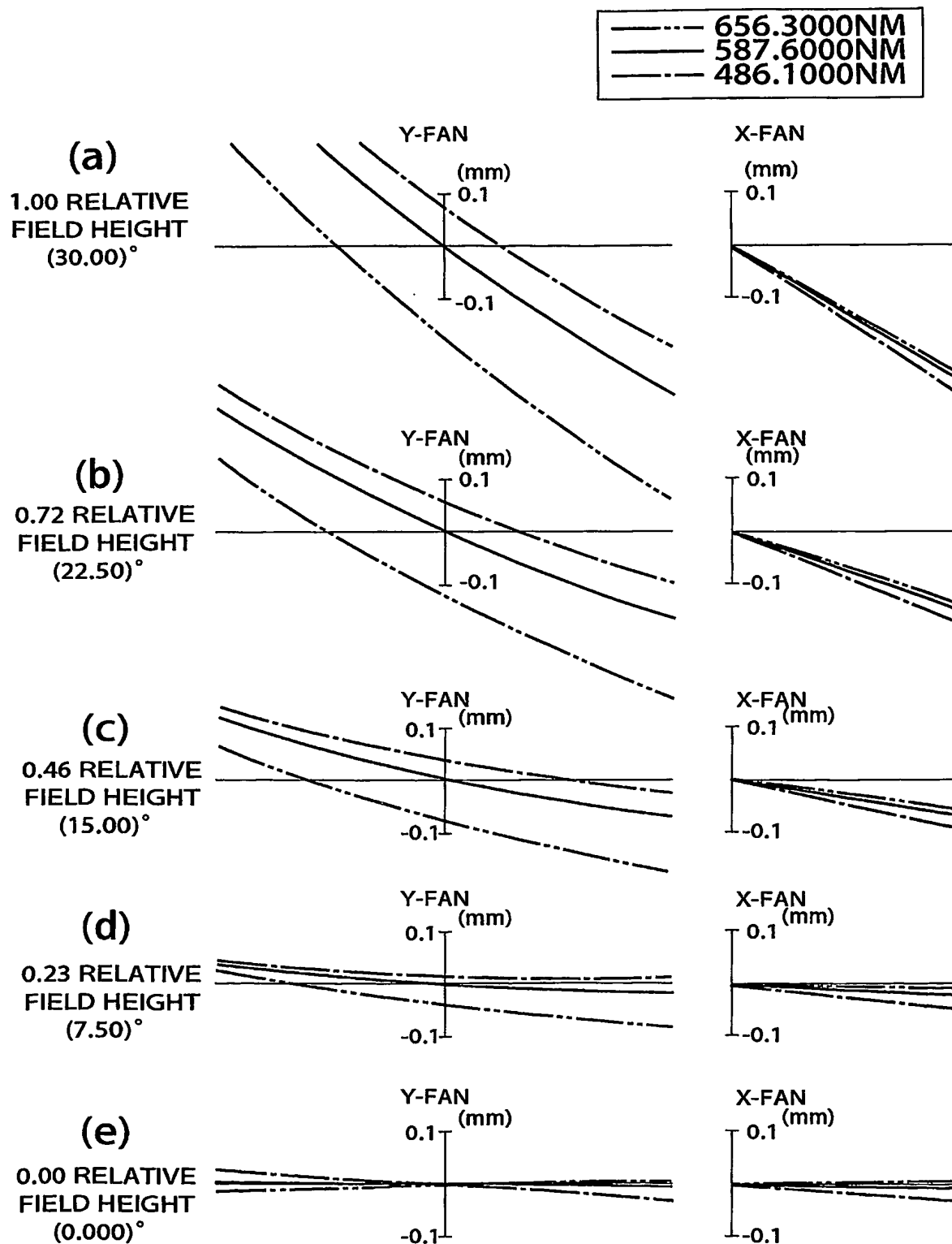
【図 2 6 B】



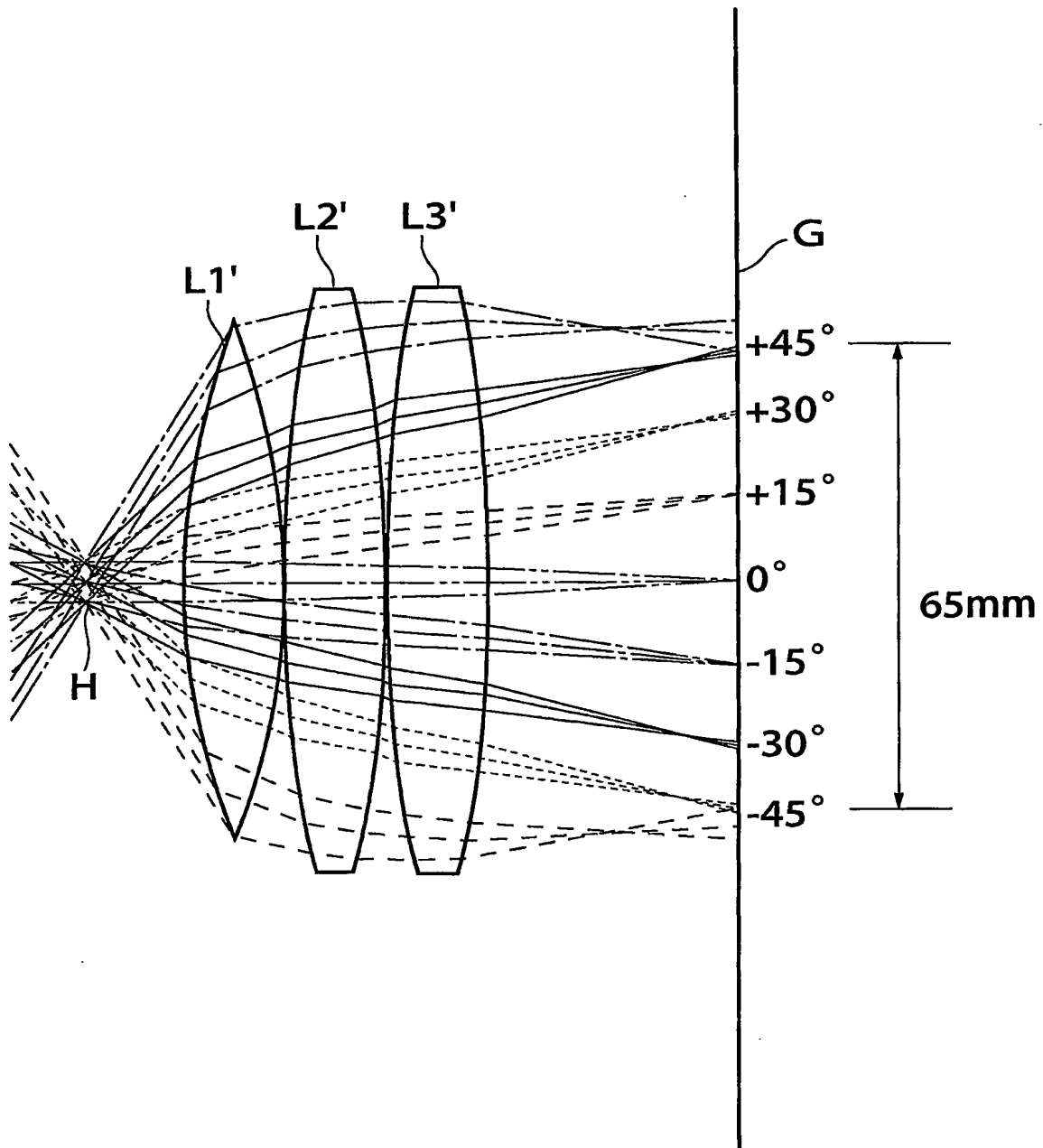
【図 26 C】



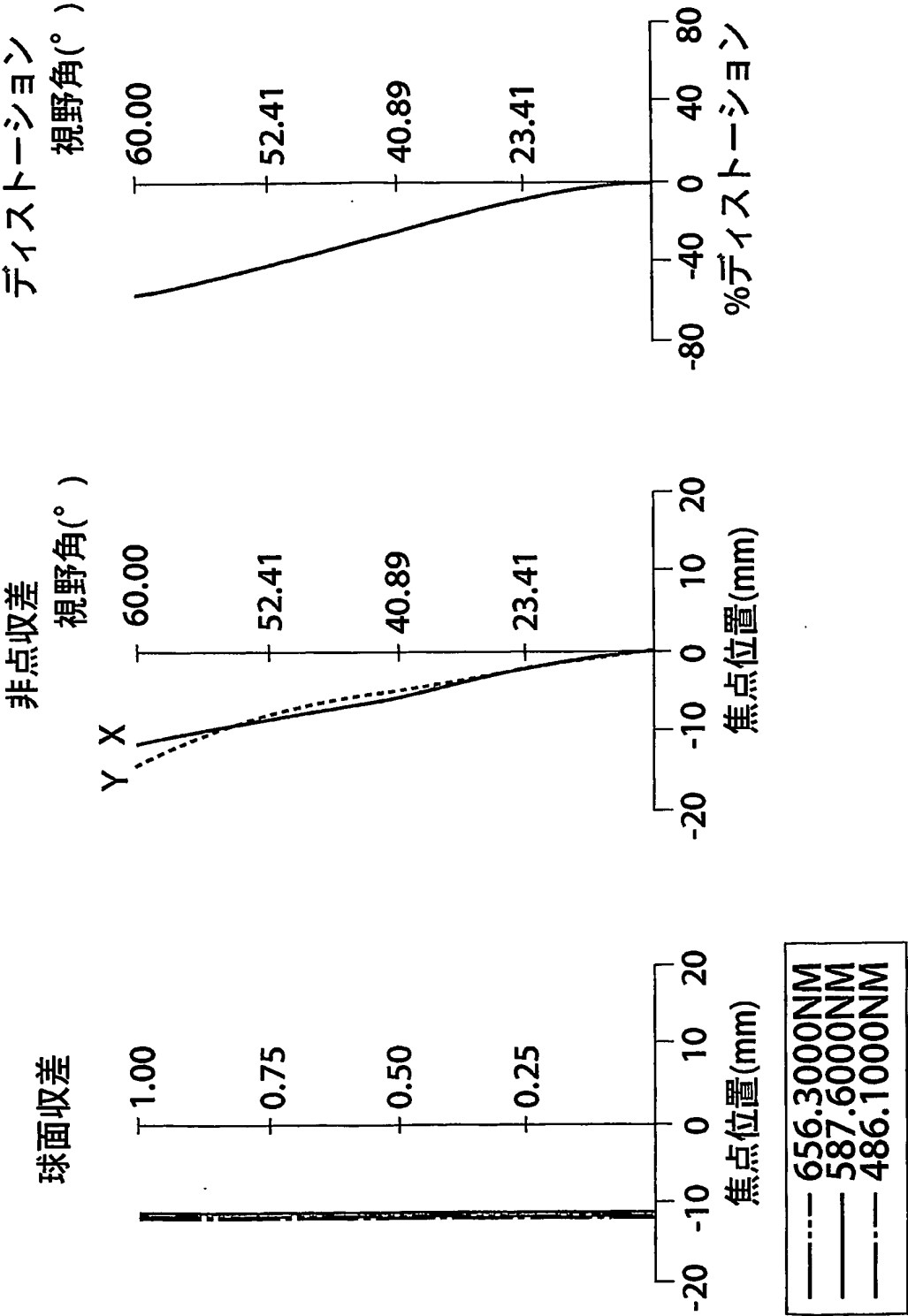
【図 26D】



【図 27 A】

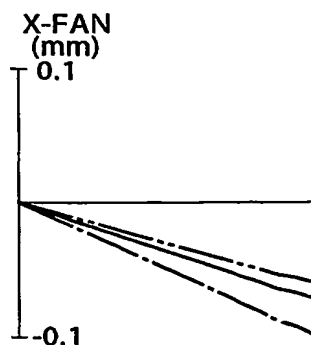
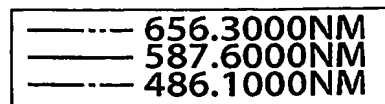
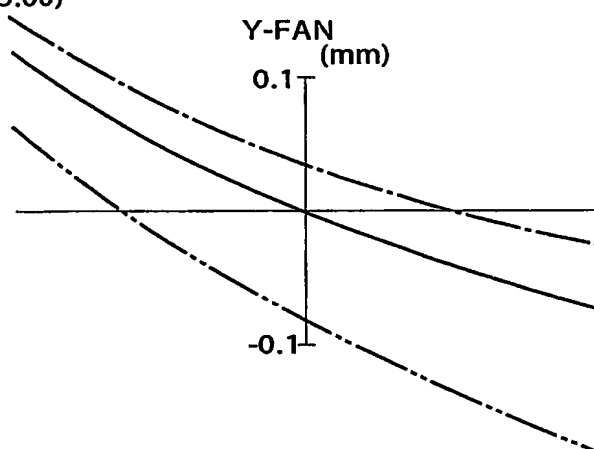


【図 2 7 B】

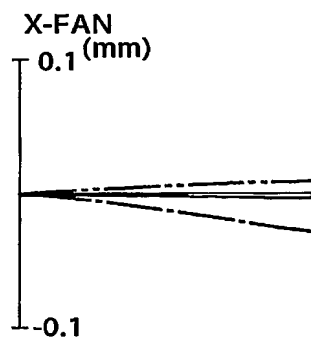
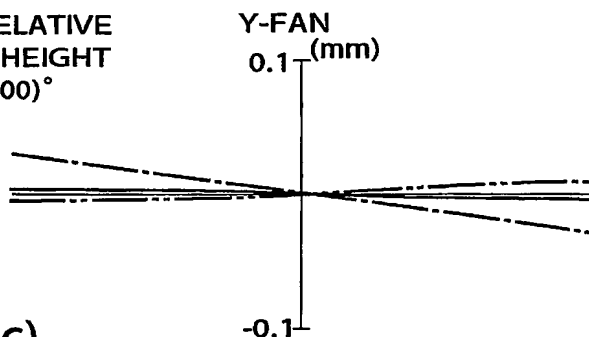


【図 27C】

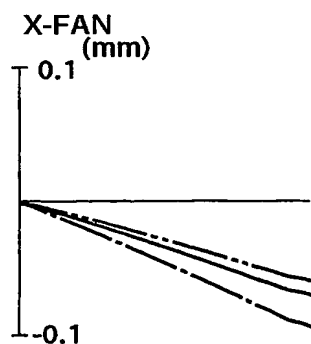
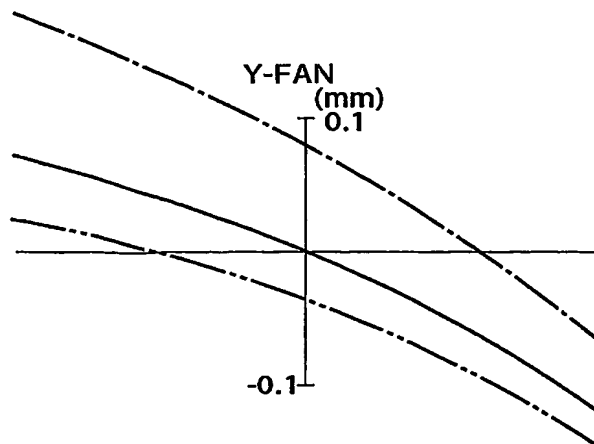
(a)

1.00 RELATIVE  
FIELD HEIGHT  
(15.00)°

(b)

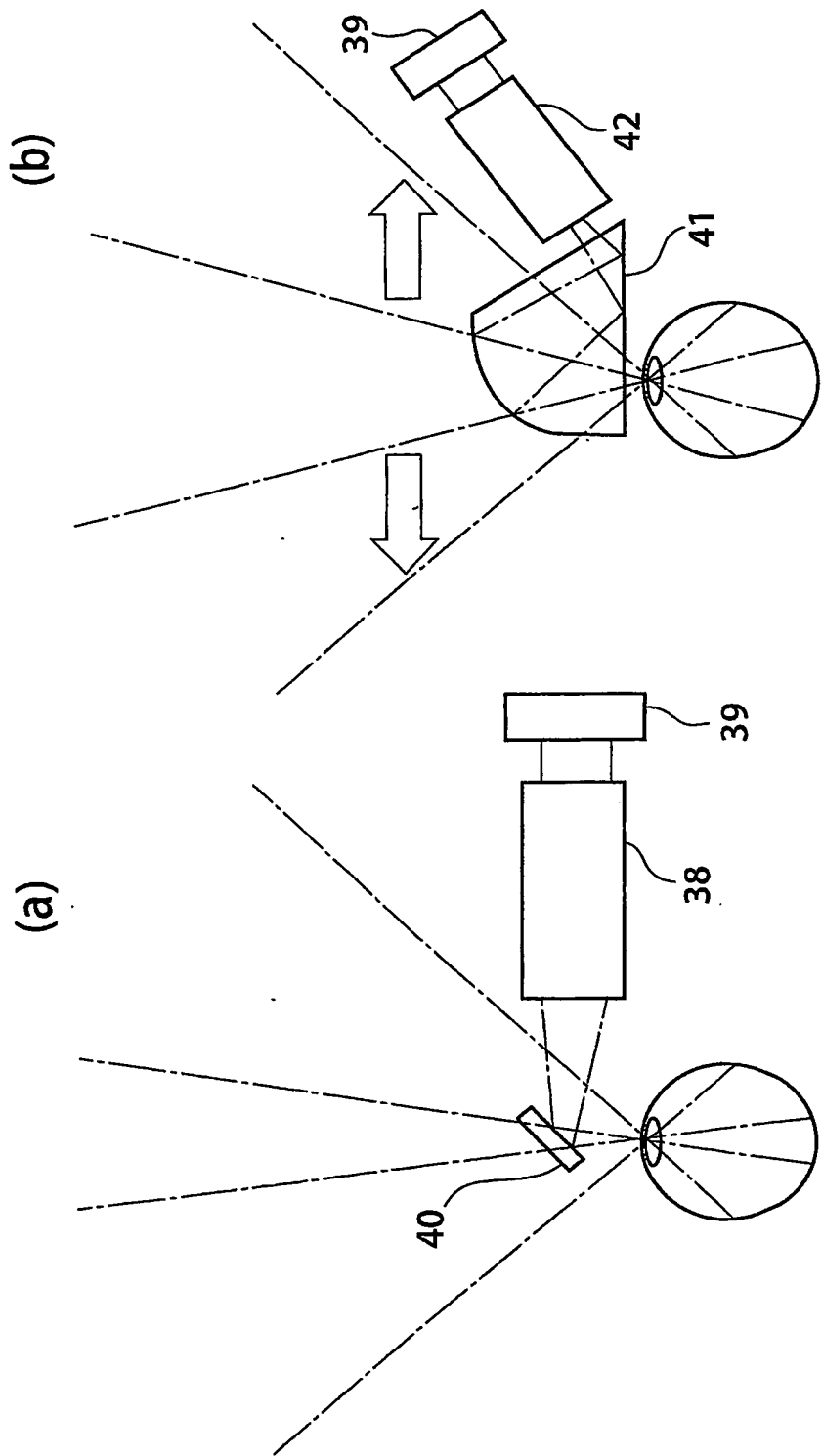
0.00 RELATIVE  
FIELD HEIGHT  
(0.000)°

(c)

-1.00 RELATIVE  
FIELD HEIGHT  
(-15.0)°



【図 28】



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2 004/015196

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G02B25/00, G02B27/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G02B25/00, G02B27/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 6-308423 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 04 November, 1994 (04.11.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-9, 24-28 10-13, 19-23 14-18, 29-34
Y A	JP 6-319093 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 15 November, 1994 (15.11.94), Full text; all drawings & US 5757544 A	1-13, 19-28 14-18, 29-34
Y A	JP 6-308396 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 04 November, 1994 (04.11.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-13, 19-28 14-18, 29-34

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
25 January, 2005 (25.01.05)

Date of mailing of the international search report  
08 March, 2005 (08.03.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/015196

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 11-133315 A (Sony Corp.), 21 May, 1999 (21.05.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-13, 19-28 29-34
Y	JP 2003-186112 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 03 July, 2003 (03.07.03), Full text; all drawings (Family: none)	19-22
Y	JP 2002-214707 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 31 July, 2002 (31.07.02), Full text; all drawings (Family: none)	19-22
Y A	JP 2003-233032 A (Minolta Co., Ltd.), 22 August, 2003 (22.08.03), Full text; all drawings (Family: none)	19-22 31-34
Y	JP 7-318852 A (Nippon Steel Corp.), 08 December, 1995 (08.12.95), Full text; all drawings (Family: none)	23
Y	JP 7-128612 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 19 May, 1995 (19.05.95), Full text; all drawings (Family: none)	26
A	JP 2000-221499 A (Sony Corp.), 11 August, 2000 (11.08.00), Full text; all drawings (Family: none)	29-34
A	JP 2003-222724 A (Hitachi, Ltd.), 08 August, 2003 (08.08.03), Full text; all drawings & US 2003/0174290 A1 & CN 1435701 A & KR 2003066379 A	29-34
P,A	JP 2003-307702 A (Mitsubishi Electric Corp.), 31 October, 2003 (31.10.03), Full text; all drawings (Family: none)	29-34

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2004/015196

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See extra sheet.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

1. The special technical feature of the invention groups in claim 1-28 is that the eye lens optical system of an image display unit consists of at least two lenses, arranged in the order mentioned from the crystalline lens of an eye-ball, one or a plurality of convex lenses and a laminated lens.

2. The special technical feature of the invention groups in claims 29-34 is an optical display unit wherein each of two sets of two-dimensional light emitting type photoelectric elements consists of a reflection type liquid crystal display device element, comprising one light source, a first polarization beam splitter for splitting a light emitted from the light source into a P polarization and an S polarization, and an optical system for respectively guiding the P polarization and the S polarization to the two sets of two-dimensional light emitting type photoelectric elements to illuminate the two-dimensional light emitting type photoelectric elements, and guiding the reflected lights to the relay optical system, wherein the optical system guides the P polarization and the S polarization to the two-dimensional light emitting type photoelectric elements via a second polarization beam splitter and a  $\lambda/4$  plate, and guides the reflected lights to the relay optical system via the  $\lambda/4$  plate and the second polarization beam splitter.

However, an image display unit itself provided with a photoelectric element, a relay optical system and an eye lens optical system is a well known and practiced technology without the need of exemplifying.

Consequently, there exists no matter common to the above groups of inventions that can be considered to be a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, and these groups of inventions are not a group of inventions so linked as to form a single general inventive concept.

Therefore, the groups of inventions are not related so as to fulfill the requirement of unity

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl<sup>7</sup> G02B 25/00, G02B 27/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl<sup>7</sup> G02B 25/00, G02B 27/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
日本国実用新案公報 1926-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2005年  
日本国登録実用新案公報 1994-2005年  
日本国実用新案登録公報 1996-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A	JP 6-308423 A (オリンパス光学工業株式会社) 1994. 11. 04、全 文、全図 (ファミリーなし)	1-9, 24-28 10-13, 19-23 14-18, 29-34
Y A	JP 6-319093 A (オリンパス光学工業株式会社) 1994. 11. 15、全 文、全図 & US 5757544 A	1-13, 19-28 14-18, 29-34

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日  
25. 01. 2005

国際調査報告の発送日  
08. 3. 2005

国際調査機関の名称及びあて先  
日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号 100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
森 内 正 明

2 V 9 2 2 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3269

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP 6-308396 A (オリンパス光学工業株式会社) 1994. 11. 04、全文、全図 (ファミリーなし)	1-13, 19-28 14-18, 29-34
Y A	JP 11-133315 A (ソニー株式会社) 1999. 05. 21、全文、全図 (ファミリーなし)	1-13, 19-28 29-34
Y	JP 2003-186112 A (オリンパス光学工業株式会社) 2003. 07. 03、全文、全図 (ファミリーなし)	19-22
Y	JP 2002-214707 A (オリンパス光学工業株式会社) 2002. 07. 31、全文、全図 (ファミリーなし)	19-22
Y A	JP 2003-233032 A (ミノルタ株式会社) 2003. 08. 22、全文、全図 (ファミリーなし)	19-22 31-34
Y	JP 7-318852 A (新日本製鐵株式会社) 1995. 12. 08、全文、全図 (ファミリーなし)	23
Y	JP 7-128612 A (三洋電機株式会社) 1995. 05. 19、全文、全図 (ファミリーなし)	26
A	JP 2000-221499 A (ソニー株式会社) 2000. 08. 11、全文、全図 (ファミリーなし)	29-34
A	JP 2003-222724 A (株式会社日立製作所) 2003. 08. 08、全文、全図 & US 2003/0174290 A1 & CN 1435701 A & KR 2003066379 A	29-34
P, A	JP 2003-307702 A (三菱電機株式会社) 2003. 10. 31、全文、全図 (ファミリーなし)	29-34

## 第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項(PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。  
つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

特別ページ、第III欄の続きを参照

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。



## 第III欄の続き

1. 請求の範囲1乃至28に記載の発明の群の特別な技術的特徴は、画像表示装置の接眼光学系が、眼球から水晶体から1枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合わせレンズの順で少なくとも2枚のレンズで構成されたことである。

2. 請求の範囲29乃至34に記載の発明の群の特別な技術的特徴は、画像表示装置における、2組の2次元発光型の光電素子が反射型の液晶表示デバイス素子からなり、1個の光源と、当該光源より放出された光をP偏光とS偏光に分離する第1の偏光ビームスプリッタと、P偏光とS偏光をそれぞれ、前記2個の2次元発光型の光電素子に導いて前記2次元発光型光電素子を照明し、その反射光を前記リレー光学系に導く光学系を有し、当該光学系は、前記P偏光、S偏光を、第2の偏光ビームスプリッタと $\lambda/4$ 板とを介して、前記2次元発光型の光電素子に導き、その反射光を前記 $\lambda/4$ 板と第2の偏光ビームスプリッタとを介して前記リレー光学系に導くものであることである。

しかしながら、光電素子、リレー光学系、接眼光学系を備える画像表示装置自体は、特に例示するまでもなく、周知慣用技術である。

よって、上記発明の群同士は、PCT規則13.2、第2文の意味において特別な技術的特徴と考えられる共通事項は存在してなく、前記発明の群同士は、単一の一般的発明概念を形成する連関している一群の発明であるとはいえない。

したがって、前記発明の群同士は、単一性を満足する関係であるとはいえない。